ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 JUIN 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que la séance annuelle des prix aura lieu le lundi 21 décembre 1942.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur le ralentissement des neutrons.*
Note (¹) de M. **Paul Langevin.**

La probabilité, pour un neutron lancé dans la matière avec une énergie cinétique E_0 de prendre, après un nombre quelconque de chocs, une énergie comprise entre E et $E + dE$ est, avec des notations déjà utilisées (²),

$$(1) \qquad dP = \frac{dC}{1-\alpha^2}\sum_{k=0}^{i}(-1)^k\varphi_k(y-k\varepsilon) = F\,dC,$$

où l'on a

$$\varphi_k = \frac{(-1)^k}{k!}(y+k)y^{k-1}e_y.$$

J'ai montré (³) que la fonction F satisfait, en posant $y = \frac{x}{1-\alpha^2}$, à l'équation intégrale

$$(2) \qquad F(y) = \int_0^a F(y-z)\,dz.$$

Cette équation admet également une solution de la forme Ae^x, où la constante A dépend uniquement du rapport $\mu = M/m$ de la masse du noyau à celle du neutron; de sorte que la fonction F tend rapidement, quand y (ou x) augmente, vers la forme asymptotique Ae^x, et la formule (1) peut être pratiquement remplacée par l'expression simple

$$dP = A\frac{dC}{C} = A\frac{dE}{E}.$$

(¹) Séance du 1er juin 1942.
(²) *Comptes rendus,* **214**, 1942, p. 517.
(³) *Comptes rendus,* **214**, 1942, p. 869.

J'ai signalé que la constante A se rapproche d'autant plus de la valeur $\mu/2$ que μ est plus grand, c'est-à-dire qu'il s'agit de noyaux plus lourds. Je voudrais montrer comment il est possible d'en obtenir l'expression en fonction de μ ou de α sous la forme

$$(3) \qquad A = \frac{1-\alpha^2}{1-\alpha^2+\alpha^2 L\alpha^2}.$$

qui, développée en série suivant les puissances décroissantes de μ, devient

$$A = \frac{\mu}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{18\mu} + \frac{8}{135\mu^2} + \frac{4}{405\mu^3} + \ldots$$

L'expression simple $A = (\mu/2) + (1/3)$ devient exacte, à moins d'un millième près, dès que μ atteint la valeur 10, c'est-à-dire avant le carbone.

La démonstration de la formule (3) se déduit de la formule fondamentale [4]

$$(4) \qquad E = E'[\alpha^2 + (1-\alpha^2)\varpi],$$

où E' et E sont les énergies cinétiques du neutron avant et après le choc, ϖ la probabilité pour que E soit compris entre la valeur $\alpha^2 E'$ et la valeur E; ϖ variant de 0 à 1, E est toujours compris entre $\alpha^2 E'$ et E'. En différenciant (4) on obtient, pour une valeur donnée de E',

$$(5) \qquad dE = (1-\alpha^2)E'\, d\varpi.$$

Il résulte encore de la formule (4) que le rapport entre les énergies cinétiques du neutron avant et après le choc ne peut pas être supérieur à $1/\alpha^2$: aucun choc ne peut donc faire passer l'énergie E du neutron d'une valeur supérieure à E_1, à une valeur inférieure à $\alpha^2 E_1$; la probabilité P pour que, après un nombre quelconque de chocs, l'énergie cinétique tombe au moins une fois dans le domaine fini compris entre E_1 et $\alpha^2 E_1$ est donc égale à l'unité.

Pour voir comment cette probabilité est reliée à la somme des probabilités dP correspondant aux divers éléments dE de notre domaine fini, remontons à la définition de P. Soit N le nombre de neutrons émis, NP ou n le nombre de ceux qui subissent au moins un choc d'énergie finale comprise entre $\alpha^2 E_1$ et E_1.

Il est bien évident qu'on ne doit compter qu'une fois dans n chacun des neutrons qui subissent plusieurs chocs à l'intérieur du domaine; autrement dit, n est égal au nombre des chocs subis dans le domaine et ayant une énergie initiale supérieure à E_1, alors que le dP relatif à un élément dE du domaine fait intervenir tous les chocs se produisant dans dE et d'énergie initiale nécessairement supérieure à E. Il y a donc lieu de retrancher de dP la partie qui correspond aux chocs d'énergie initiale E' comprise entre E et E_1, c'est-à-dire comprise à l'intérieur du domaine tout en étant nécessairement supérieure à E. Si dP' est la probabilité pour qu'un choc ait lieu dans dE' et $d\varpi$ la probabilité

[4] *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 868.

pour que ce choc d'énergie finale E′ soit suivi d'un autre choc d'énergie tombant dans dE, on a, pour la partie cherchée, à retrancher de dP,

$$\int dP' \, d\varpi = \frac{dE}{1-\alpha^2} \int_E^{E_1} \frac{dP'}{dE'} \frac{dE'}{E'}$$

en utilisant pour $d\varpi$ son expression tirée de (7).

On aura donc, en vertu du raisonnement précédent,

$$\int_{\alpha^2 E_1}^{E_1} \frac{dP}{dE} dE - \frac{1}{1-\alpha^2} \int_{\alpha^2 E_1}^{E_1} dE \int_E^{E_1} \frac{dP'}{dE'} \frac{dE'}{E'} = 1. \tag{8}$$

Si l'on suppose la région considérée suffisamment éloignée de la valeur initiale E_0 commune à tous les neutrons pour que la loi asymptotique (4) puisse y être considérée comme établie, on a

$$\frac{dP}{dE} = \frac{A}{E}, \qquad \frac{dP'}{dE'} = \frac{A}{E'}.$$

En substituant dans l'équation (6) et en effectuant les intégrations, on obtient immédiatement

$$A\left[L\frac{1}{\alpha^2} + 1 - \frac{1}{1-\alpha^2} L\frac{1}{\alpha^2}\right] = 1$$

ou

$$A\left(1 + \frac{\alpha^2 L\alpha^2}{1-\alpha^2}\right) = 1,$$

d'où résulte l'expression (5) donnée plus haut et que confirment, avec une absolue précision, les applications numériques de la formule (2) que j'ai eu le temps d'effectuer jusqu'ici.

Pratiquement, pour tous les noyaux intéressants au point de vue du ralentissement des neutrons, on utilisera le résultat très simple

$$dP = \left(\frac{\mu}{2} + \frac{1}{3}\right) \frac{dE}{E}.$$

Remarquons, en terminant, que le raisonnement qui a conduit à la formule (8) permet d'obtenir la probabilité P pour un intervalle quelconque d'étendue finie, compris par exemple entre la limite supérieure d'énergie E_1 et la limite inférieure E_2. La probabilité P, d'après ce qui précède, ne peut être inférieure à l'unité que si le rapport $\rho = E_2/E_1$ est supérieur à α^2, de manière qu'un neutron ne soit pas obligé de subir au moins un choc dans l'intervalle considéré. On obtient, dans ce cas, de manière analogue à (8),

$$P = \int_{E_2}^{E_1} \frac{dP}{dE} dE - \frac{1}{1-\alpha^2} \int_{E_2}^{E_1} dE \int_E^{E_1} \frac{dP'}{dE'} \frac{dE'}{E'}$$

et, si l'on suppose établie la loi asymptotique dans l'intervalle entre E_2 et E_1,

on obtient pour P la valeur

$$P = A\left(\frac{1-\rho}{1-\alpha^2} + \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2} L\rho\right)$$

qui atteint l'unité, en vertu de la valeur (5) de A, lorsque ρ devient égal à α^2, et que la probabilité devient une certitude.

Lorsque l'intervalle augmente, ρ devenant inférieur à α^2, on peut vérifier [en donnant dans l'expression (9) les valeurs nécessaires aux limites de la dernière intégrale] que, soit pour la solution exacte (2), soit pour la forme asymptotique (5), la probabilité reste égale à l'unité, comme il est nécessaire, puisque aucun choc ne peut permettre à l'énergie du neutron de franchir d'un bond cet intervalle. Elle doit par conséquent, de façon certaine, y pénétrer au moins une fois.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Aptitudes migratrices des radicaux acétyléniques dans les réactions transpositrices. Étude du radical phénéthynyle dans la déshalogénation magnésienne des chlorhydrines* $C^6H^5C{\equiv}C(R)COH{-}CH^2Cl$. Note [1] de MM. **Marc Tiffeneau** et **Yves Deux**.

L'étude de la déshalogénation des halohydrines $(RR')COH{-}CH^2Cl$, dans lesquelles R′ est un radical acétylénique et R un radical quelconque, nous a permis de montrer que le radical heptynyle est susceptible d'émigrer lorsqu'on l'oppose à un méthyle, mais non plus lorsque le radical R est un phényle ou un éthyle, si bien que nous avons pu conclure que les aptitudes de ce radical acétylénique sont supérieures à celles du méthyle, mais inférieures à celles du phényle et de l'éthyle. L'heptynyle se comporte donc à cet égard comme un radical aliphatique dont les aptitudes migratrices, toujours inférieures à celles du phényle, se montrent intermédiaires entre celles du méthyle et de l'éthyle [2].

Nous avons poursuivi cette étude en l'appliquant au radical phénéthynyle $C^6H^5{-}C{\equiv}C{-}$ et en examinant le comportement de ce radical dans la déshalogénation magnésienne des chlorhydrines

$$C^6H^5{-}C{\equiv}C{-}C(R)(OH){-}CH^2Cl$$

dans lesquelles R a été un phényle, un éthyle et un méthyle. Dans les trois cas, cette réaction de déshalogénation a conduit aux cétones transposées conformément au schéma

$$C^6H^5{-}C{\equiv}C{-}C(R)(OMgBr){-}CH^2Cl \rightarrow R{-}CO{-}CH^2{-}C{\equiv}C{-}C^6H^5.$$

(1) Séance du 27 mai 1942.

(2) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 753.

La migration du radical phénéthynyle est donc évidente et celui-ci l'emporte par conséquent sur les trois radicaux que nous lui avons opposés. Ainsi le radical phénéthynyle se comporte à cet égard comme un radical aromatique dont les aptitudes migratrices sont non seulement supérieures, comme c'est la règle, à celles des radicaux aliphatiques éthyle et méthyle, mais aussi, ce qui était imprévisible, à celles du plus simple des radicaux aromatiques, le phényle.

Il nous reste à entreprendre la même étude en opposant d'autres radicaux aromatiques, notamment l'anisyle, dont on sait que les aptitudes migratrices l'emportent sur celles de tous les autres radicaux aromatiques.

Pour le moment, nous sommes amenés à constater qu'entre les deux radicaux acétyléniques que nous avons étudiés, l'heptynyle $C^5H^{11}C{\equiv}C-$ et le phényléthynyle $C^6H^5C{\equiv}C-$, il existe des différences bien tranchées au point de vue de leurs aptitudes migratrices, le premier se comportant comme un radical aliphatique et le second comme un radical aromatique. L'un et l'autre conservent donc le caractère qui leur est imprimé par le radical fixé sur la fonction acétylénique et ne sont que peu influencés par cette fonction elle-même, qui cependant semble renforcer les aptitudes migratrices du radical placé à son voisinage.

1° *Déshalogénation magnésienne du chloro-1 méthyl-2 butyne-3 ol-2. Obtention de la phényl-1 pentyne-1 one-4.* — Cette chlorhydrine a été préparée en faisant agir la chloracétone sur le dérivé magnésien $C^6H^5C{\equiv}C-MgBr$. Dans une solution éthérée de $BrMgC^2H^5$ on introduit lentement une solution éthérée de phénylacétylène; quand la réaction est terminée, on fait tomber, goutte à goutte, une solution éthérée de chloracétone en léger excès. On achève la réaction au bain-marie, puis, après refroidissement, on décomposepar l'eau en présence de NH^4Cl. On obtient ainsi une solution éthérée de la chlorhydrine cherchée que l'on sèche soigneusement sur le sulfate de sodium anhydre. On a préparé d'autre part une solution éthérée de $BrMgC^2H^5$ qu'on introduit peu à peu dans la solution de la chlorhydrine. On chauffe alors une heure au réfrigérant à reflux, puis on évapore l'éther et on maintient le résidu pendant 30 minutes à 110°. Après refroidissement on décompose par l'eau glacée et le tout est soumis à l'entraînement à la vapeur d'eau. On épuise à l'éther les liquides entraînés; enfin, après dessiccation et évaporation de l'éther, on obtient un liquide que l'on distille ($É_{13}$ 134°, n_D^{19} 1,506) et qui est constitué par une cétone acétylénique, la phényl-1 pentyne-1 one-4, $C^6H^5C{\equiv}C-CH^2-CO-CH^3$. Par hydrogénation sur le nickel de Raney, on obtient en effet la phényl-1 pentanone-4 ($É_{35}$ 144°, n_D^{19} 1,510) dont la semicarbazone (F 185°) a été identifiée en la comparant avec celle fournie par une cétone qu'on a préparée synthétiquement en soumettant à l'oxydation chromique le phényl-1 pentanol-4 ($É_{16}$ 140-141°, n_D^{19} 1,518), obtenu en faisant agir

$$C^6H^5-CH^2-CH^2-CH^2MgBr$$

sur l'éthanal. La déshalogénation s'est donc accomplie suivant le schéma général formulé plus haut.

2° *Déshalogénation magnésienne du chloro-1 éthyl-2 phényl-4 butyne-3 ol-2. Obtention de la phényl-1 hexyne-1 one-4.* — On opère comme ci-dessus en remplaçant la chloracétone par son homologue $CH^2Cl—CO—C^2H^5$. On obtient ainsi une chlorhydrine dont le dérivé magnésien, préparé de la même façon, est déshalogéné par chauffage à sec à 110°. On isole alors une cétone acétylénique $C^{12}H^{12}O$ ($É_{13}$ 145-146°, n_D^{19} 1,512) dont la constitution $C^6H^5—C≡C—CH^2—CO—C^2H^5$ est établie par son hydrogénation catalytique en phényl-1 hexanone-4 ($É_{14}$ 132-134°, n_D^{19} 1,515) dont la semicarbazone (F 153-154°) a été identifiée par comparaison avec celle obtenue à partir d'une cétone synthétique résultant de l'oxydation chromique du phényl-1 hexanol-4 ($É_{14}$ 145-146°) préparé en faisant agir $C^6H^5(CH_2)_2CH^2MgBr$ sur le propanal.

3° *Déshalogénation magnésienne du chloro-1 diphényl-2.4 butyne-3 ol-2. Obtention de la diphényl-1.4 butyne-1 one-4.* — On a opéré, dans les mêmes conditions que dans les opérations précédentes, en remplaçant la chloracétone et son homologue par la chloracétophénone. La déshalogénation de la chlorhydrine obtenue a été effectuée de la même façon. L'on obtient finalement une cétone acétylénique $C^{16}H^{12}O$ ($É_{14}$ 195-196°, n_D^{18} 1,56) que l'hydrogénation catalytique transforme en diphényl-1.4 butanone-4 ($É_{18}$ 200°, n_D^{18} 1,555) et qu'on identifie par sa semicarbazone (F 170°) comparée à celle obtenue par oxydation acétochromique du diphényl-1.4 butanol-4 ($É_{13}$ 199-200°, n_D^{19} 1,549) préparé en faisant agir $C^6H^5—CH^2—CH^2—CH^2MgBr$ sur l'aldéhyde benzoïque.

CYTOLOGIE. — *Production par certains individus de Lombriciens de spermatides normales et de spermatides nucléolées en parité numérique.* Note de M. **Édouard Chatton** et Mlle **Odette Tuzet**.

Le nucléole est considéré comme un élément purement végétatif. L'observation le montre évincé des phénomènes de multiplication et de sexualité. Rares sont les auteurs qui mentionnent sa présence dans la lignée spermatogénétique. Son évolution n'y a pas été suivie.

Nous observons chez certains individus de deux espèces de Lombriciens, *Lumbricus herculeus* (= *L. terrestris*) et *Allolobophora chlorotica*, un nucléole qui persiste plus ou moins longtemps au cours de la spermatogénèse, parfois jusqu'à l'achèvement des spermies. Sa présence détermine alors des anomalies dont l'ensemble constitue une véritable *maladie nucléolaire du sperme*. Son évolution prolongée aboutit à la production en parité numérique de spermies anucléolées ou normales (*fig.* 12) et de spermies subnucléolées (*fig.* 11) peut-être non fonctionnelles.

Chez tous les Lombriciens que nous connaissons, il y a un nucléole sphérique

(et un ou deux pseudonucléoles) dans le noyau de chaque gonie (*fig.* 1). A la métaphase il est abandonné dans le cytoplasme, passe dans une cellule-fille pour en être ensuite expulsé. Au moment de la reconstitution des noyaux-fils un nouveau nucléole est régénéré dans chacune d'elles (*fig.* 2). Chez la majorité des individus de *Lumbricus herculeus* (= *L. terrestris*), cette régénération fait défaut dans les jeunes noyaux des dernières gonies des cytes et des spermatides, et la spermiogénèse se déroule normale.

Par contraste avec ce cas étudions celui où, le nucléole se reconstituant



Fig. 1-12. — *Lumbricus herculeus* (= *terrestris*), spermatogénèse. 1, gonie; 2, extrême télophase; 3, auxocyte; 4, préspermatide; 5, trois spermatides; 6, trois spermatides plus âgées; 7-8, spermatides au début et à la fin de l'allongement; 9, spermie nucléolée; 10-11, pendant et après l'élimination du nucléole; 12, spermie normale; 13, *Allolobophora chlorotica*, spermatide nucléolée.

après la dernière division goniale, la première et la seconde mitose méiotiques, il se retrouve dans les auxocytes, les préspermatides et les spermatides et persiste jusqu'à la fin de la spermiogénèse. Dans les auxocytes le nucléole est tangent intérieurement à la membrane nucléaire, soit sphérique comme dans les gonies, soit lenticulaire, soit en calotte très étalée (*fig.* 3). Dans les préspermatides (*fig.* 4) et dans les spermatides jeunes (*fig.* 5), il tend vers la forme sphérique et il est situé dans la partie élargie du pédicule, c'est-à-dire antérieur, tout en restant intranucléaire. A partir de ce stade il se comporte de deux manières différentes qui affectent, dans chaque agrégat spermatique, une proportion sensiblement constante de spermatides. Dans 50 % de ces éléments il prend une position centrale dans le noyau (*fig.* 5'), et y est rapidement résorbé sans laisser de traces (*fig.* 6'). Ce n'est donc jamais que dans la moitié des spermatides de chaque agrégat qu'il persiste. Mais dans cette moitié il y en a chez lesquelles il passe du pôle antérieur du noyau au pôle postérieur (*fig.* 5'', 6''), tandis que dans le reste il demeure au pôle antérieur (*fig.* 6). On a ainsi, dans chaque agrégat, des spermatides nucléolées et des anucléolées en nombre sensiblement égal, et parmi les premières des sperma-

tides à nucléole antérieur et des spermatides à nucléole postérieur. Après la formation de l'acrosome le nucléole se déboîte de sa loge qui demeure vide (*fig.* 10, 11). De sorte qu'il y a, en définitive, deux catégories de spermies : les unes de type normal (*fig.* 12) où le nucléole précocement résorbé a laissé sa substance plus ou moins modifiée diffuser dans le noyau, les autres d'où cette substance a été éliminée (*fig.* 11).

Entre les individus qui montrent cette persistance prolongée du nucléole et ceux où il disparaît avant la méiose, il y en a qui offrent autant d'états intermédiaires. Il en est où le nucléole se reconstitue dans les auxocytes, très réduit, punctiforme, et où il n'est plus régénéré après les mitoses méiotiques, d'autres où il persiste un temps plus ou moins long dans les spermatides. Dans celles où il disparaît rapidement, il n'affecte pas une position intranucléaire initiale aussi précise que dans celles où il persiste. Mais, avant de disparaître, il devient postérieur dans toutes, et dans toutes il est résorbé simultanément. Il n'y a alors qu'une seule catégorie de spermies. Chez les Lombrics, où il n'est résorbé qu'à un stade moyen de la spermiogénèse, on voit apparaître les deux catégories de spermatides, en parité de nombre, par résorption plus précoce du nucléole dans les unes, plus tardive dans les autres.

Allolobophora chlorotica nous offre des variations semblables de l'importance et de la persistance nucléolaires. A leurs maxima le nucléole se reconstitue dans les auxocytes, les préspermatides et dans les spermatides où il occupe une position centrale. Pendant l'allongement de ces dernières, il demeure au niveau moyen du noyau et grossit (*fig.* 13). C'est alors que, avant la formation de l'acrosome, on le voit, d'éosinophile qu'il était, devenir cyanophile et se résorber *in situ* dans la moitié des spermatides. Dans l'autre moitié, l'édification de l'acrosome étant achevée, le nucléole est éliminé par simple rejet hors de sa loge, aussitôt comblée par du caryoplasme. Il y a donc ici encore deux catégories de spermies, les unes qui ont conservé les produits de désintégration du nucléole, les autres d'où toute sa substance a été rejetée en bloc. Ces catégories n'ont pas le temps de s'établir ni même de s'ébaucher chez les individus d'où le nucléole disparaît plus tôt au cours de la spermiogénèse.

Ainsi, chez certains individus des deux espèces de Lombriciens, *Lumbricus herculeus*, *Allolobophora chlorotica*, la spermatogénèse aboutit à la formation de deux catégories de spermies, les unes subnucléolées, les autres anucléolées. La question se pose de savoir si elles ont la même action dans la fécondation. Le fait que ces deux catégories sont toujours égales en nombre suggère l'existence, dans leur production, d'un mécanisme chromosomien rappelant, à première vue, celui de la détermination mendélienne du sexe, mais qui, nous le montrerons, en diffère cependant complètement.

CORRESPONDANCE.

MM. **Paul Ancel**, **Caïus Jacob**, **Georges Malençon** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **René Garnier** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Géométrie par le décès de M. *H. Lebesgue*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

François de Chasseloup-Laubat. *François Fresneau, seigneur de la Gataudière, père du caoutchouc* (présenté par M. Auguste Chevalier).

TOPOLOGIE. — *Les équations dans les espaces topologiques.* Note (1) de M. **Jean Leray**, présentée par M. Henri Villat.

Les notions que j'ai introduites dans deux Notes précédentes (2) permettent d'édifier une théorie des équations du *type*

$$x = \xi[\tau(x), y], \tag{1}$$

où l'inconnue x et le paramètre y sont respectivement des points de deux espaces topologiques, X et Y ; où τ est une transformation continue, définie sur un *ensemble* de points de X et qui prend ses valeurs dans un troisième espace T ; où ξ est une transformation continue de $T \times Y$ dans X ; T *est un espace de Hausdorff, bicompact, connexe, possédant un système de voisinages convexes.* Ce type englobe le type d'équations non linéaires des espaces linéaires de Banach que M. Schauder et moi-même avons étudié (3), type qui contient lui-même celui des équations linéaires de Fredholm.

1. Soit $\Phi(y)$ l'ensemble des solutions x de (1) ; $\Phi(y)$ sera nommé *résolvante absolue* de (1). Soit $\varphi(x)$ l'ensemble des points y tels que x soit solution de (1) ; $\varphi(x)$ est l'inverse de $\Phi(y)$. φ *transforme un ensemble fermé de points de* X *en un ensemble fermé de points de* Y ; Φ est donc continue chaque fois qu'elle est univoque. Si X est un espace de Hausdorff, Φ transforme un bicompact de Y en un bicompact de X.

2. Soit D un ensemble ouvert de points de X ; soit $\dot{D}$ sa frontière, $\overline{D}$ sa fermeture ; supposons $\tau(x)$ défini sur $\overline{D}$. Soit y_p un cycle continu de Y,

---

(1) Séance du 4 mai 1942.

(2) *Comptes rendus*, 214, 1942, pp. 781 et 839.

(3) *Ann. École Norm.*, 51, 1934, p. 45.

étranger à $\varphi(\dot{D})$ On peut construire une couverture C de $\overline{D}$ (de simplexes $S^{q,\lambda}$) et un complexe continu de T possédant une subdivision c (de simplexes $s_{\lambda,q}$) qui soit duale de C. En choisissant chaque $s_{q,\lambda}$ dans un voisinage convenable de $\tau(|S^{q,\lambda}|)$, pris lui-même suffisamment petit, on peut faire en sorte que

$$\sum_{q,\lambda} S^{q,\lambda}.\xi(s_{q,\lambda}, y_p)$$

soit homologue à une classe d'homologie continue de D, indépendante des choix de C et c; la correspondance entre y_p et cette classe est *un homomorphisme du groupe d'homologie continue de* $Y - \varphi(\dot{D})$ *dans celui de* D, homomorphisme que désignera le symbole $\Phi(D, y_p)$ et qui se nommera *résolvante algébrique* ([1]) *de l'équation* (1).

Si les D_γ sont des ensembles ouverts, deux à deux disjoints de points de E,

$$\text{si } |y_p|.\varphi\Big(\overline{D} - \sum_\gamma D_\gamma\Big) = 0, \quad \text{alors} \quad \Phi(D, y_p) = \sum_\gamma \Phi(D_\gamma, y_p).$$

En particulier

$$\Phi(D, y_p) = 0 \quad \text{quand } \overline{D}.\Phi(|y_p|) = 0.$$

Plus particulièrement encore : si $\Phi(D, y_0)$ est défini et non nul, alors D contient au moins une solution de (1) quand y est en y_0. L'application de ce *théorème d'existence* est facilitée par les deux propositions suivantes :

$\Phi(D, y_p)$ reste constant, quand l'équation (1), D et y_p varient continûment, tant que $|y_p|.\varphi(\dot{D})$ reste vide.

Supposons T simple; soit t_0 la classe des points de T;

$$\text{si } \dot{D}.\xi(T, |y_p|) = 0, \quad \text{alors} \quad \Phi(D, y_p) = D.\xi(t_0, y_p).$$

3. *Le cas particulier* $D = X$. — Supposons $\tau(x)$ défini sur X. Soient $Z^{q,\mu}$ et $z_{q,\mu}$ deux bases duales des groupes d'homologie supérieure et continue de T (ou bien les coefficients de ces homologies sont les entiers, et il s'agit d'homologies avec division; ou bien ces coefficients sont les entiers mod un nombre premier); on a

$$\Phi(X, y_p) = \sum_{q,\mu} \overset{-1}{\tau}(Z^{q,\mu}).\xi(z_{q,\mu}, y_p).$$

([1]) Cette notion de résolvante algébrique d'une équation dépendant d'un paramètre est, à ma connaissance, absolument nouvelle; dans le cas extrêmement particulier où $\varphi(x)$ se trouve être continue et uniforme, X et Y étant deux multiplicités, « l'homomorphisme inverse de φ », tel que l'ont défini M. H. Hopf (*Crelles Journ.*, 163, 1930, p. 71) et M. Freudenthal (*Compositio Math.*, 2, 1935, p. 163; *Annals of Math.*, 38, 1937, p. 847) possède des propriétés analogues à celles de notre résolvante algébrique; mais ces deux notions ont des définitions très différentes.

En particulier, soient x_0 et y_0 les classes des points de X et Y ; posons

$$\tau[\xi(z_{q,\mu}, y_0)] = \sum_\nu a\begin{pmatrix}\nu\\ q\\ \mu\end{pmatrix} z_{q,\nu},$$

on a

$$\Phi(X, y_0) = x_0 \sum_{q,\mu} (-1)^q a\begin{pmatrix}\mu\\ q\\ \mu\end{pmatrix};$$

ce qui signifie que *la formule des points fixes de M. Lefschetz* s'applique aux transformations en lui-même d'un espace de Hausdorff bicompact, possédant un système de voisinages convexes.

4. Rappelons que nous nommons simple un espace strictement connexe dont tous les groupes d'homologie continue de dimensions positives sont nuls. *Si* T *est simple*, on peut trouver une expression de $\Phi(D, y_p)$ qui ne fait intervenir que les valeurs prises par $\tau(x)$ sur $\dot{D}$. Cette expression garde un sens lorsque le champ de définition de $\tau(x)$ est réduit à $\dot{D}$. L'homomorphisme qu'elle définit alors sera nommé *résolvante algébrique prolongée* de l'équation (1).

MÉCANIQUE. — *Choc des corps et moindre action.* Note de M. **René Dugas.**

La seule application au domaine de la dynamique que Maupertuis ait donnée du principe de la moindre action qu'il avait énoncé en 1744 se rapporte au choc direct de deux corps soit parfaitement élastiques, soit parfaitement mous.

L'action maupertuisienne mise en jeu dans le choc direct de deux corps a pour expression la somme des forces vives dues aux vitesses perdues.

1. Il est facile d'étendre l'analyse de Maupertuis au choc direct de deux corps partiellement élastiques. Les vitesses v_1 et v'_1 de chaque corps après le choc sont déterminées, en fonction des vitesses v_0 et v'_0 de chaque corps avant le choc, à l'aide de la relation expérimentale

$$v_1 - v'_1 = -e(v_0 - v'_0) \qquad (0 \leq e \leq 1), \tag{1}$$

où e est le coefficient de restitution, et de la seule condition de moindre action

$$\delta[m(v_0 - v_1)^2 + m'(v'_0 - v'_1)^2] = 0, \tag{2}$$

c'est-à-dire que *dans le choc direct de deux corps, que ceux-ci soient élastiques, imparfaitement élastiques ou parfaitement mous, la somme des forces vives dues aux vitesses perdues est stationnaire.*

En outre, on sait que la force vive perdue par le système au cours du choc, soit ΔT, est dans un rapport constant avec la somme des forces vives dues aux vitesses perdues, soit Θ

$$\Delta T = \frac{1-e}{1+e}\Theta.$$

On peut donc transposer l'énoncé précédent en disant que *les vitesses après le choc rendent stationnaire la perte de force vive du système.*

Au principe de la moindre action dans le domaine de la dynamique ordinaire, que Lagrange qualifiait de « principe de la plus grande ou plus petite force vive » correspond ainsi, dans le domaine des percussions, le principe *de la plus grande ou plus petite force vive perdue*.

2. Des considérations entièrement analogues, à la complication près des notations, s'appliquent au choc indirect de deux corps. Il suffit de substituer aux vitesses v leurs projections w sur la normale commune aux deux corps et d'introduire les paramètres de percussion K et K′ de chaque corps. La relation expérimentale (1) devient ainsi

$$w_1 - w'_1 = -e(w_0 - w'_0) \qquad (0 \leq e \leq 1) \tag{1'}$$

et la condition de moindre action

$$\delta\left[\frac{1}{K}(w_0 - w_1)^2 + \frac{1}{K'}(w'_0 - w'_1)^2\right] = 0. \tag{2'}$$

La simplicité formelle de ces résultats et l'analogie qu'ils présentent avec la loi d'extremum dont dépend la dynamique ordinaire en constituent, je le reconnais bien volontiers, le seul intérêt. Il serait naturel de les appeler *théorèmes de Maupertuis*, car ils sont contenus en puissance dans l'analyse que cet auteur a donnée des lois du choc direct de deux corps parfaitement élastiques ou parfaitement mous. Leur généralité dépasse évidemment celle du théorème de Carnot, lequel suppose $e = 0$, d'où l'égalité de ΔT et de Θ.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Le paradoxe de la vitesse sonique dans les écoulements cylindriques*. Note de M. **Jean Villey**, présentée par M. Henri Villat.

Les équations que l'on a rappelées dans une Note récente ([1]) deviennent, dans le cas d'un écoulement cylindrique adiabatique ($\delta q = 0$),

$$\frac{du}{u} = k\frac{\gamma}{1-k}\frac{\delta w}{u^2}, \tag{1}$$

$$\frac{dp}{p} = -k\gamma\frac{1+k(\gamma-1)}{1-k}\frac{\delta w}{u^2}, \tag{2}$$

$$\frac{dT}{T} = -k^2\gamma\frac{\gamma-1}{1-k}\frac{\delta w}{u^2}. \tag{3}$$

Elles retrouvent immédiatement un résultat connu des calculs basés sur l'équation de l'évolution thermodynamique au cours de l'écoulement ([2]), que

([1]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 477.

([2]) Il suffit de situer, dans le diagramme de Clapeyron (p, v), l'hyperbole

$$M_2^2 v^2 - u_0^2 = \frac{2\gamma}{\gamma-1}(p_0 v_0 - pv) \tag{4}$$

par rapport au réseau des isentropiques, en comparant leurs pentes; et de se baser sur la condition $dS > 0$ imposée aux évolutions adiabatiques avec frottement.

l'on peut énoncer : Dans un écoulement cylindrique adiabatique d'un gaz parfait [3], la vitesse ne peut pas traverser la vitesse sonique ($k = 1$).

Dans le cas d'un écoulement subsonique, commandé par un gradient négatif de pression, cela n'a rien de paradoxal, à cause des réactions de l'aval vers l'amont. Grâce à elles, en allongeant indéfiniment la canalisation, on provoque la diminution progressive du débit, et la résultante des forces de frottement sur les parois peut rester inférieure à la résultante (invariable) des pressions d'amont et d'aval, comme l'exige l'augmentation de quantité de mouvement réalisée.

Mais, dans un écoulement supersonique, où il n'y a pas de réaction vers l'amont, le débit reste constant. En allongeant progressivement une conduite cylindrique qui prolonge une tuyère de Laval, on augmente donc sans cesse la résultante des forces de frottement : il est impossible que la vitesse reste indéfiniment supersonique, ou même (à la limite) sonique. C'est d'autant plus impossible que la pression est croissante, et donne elle aussi une résultante freinante : l'écoulement est commandé par l'énergie cinétique antérieurement acquise, qui va sans cesse en diminuant (en même temps que la quantité de mouvement).

La difficulté se trouve résolue de la façon suivante. Lorsque la vitesse à la sortie de la conduite cylindrique est descendue à une valeur voisine de la valeur sonique, elle n'est plus capable d'assurer l'écoulement, par le même mécanisme d'inertie, dans le $(n+1)^{\text{ième}}$ élément qu'on ajoutera encore. Alors il se produira dans celui-ci (ou un peu plus en amont) une onde de choc, en aval de laquelle on aura le gradient de pression négatif nécessaire pour assurer l'évacuation dans un écoulement devenu subsonique.

Si l'on continue à ajouter de nouveaux éléments, la chute de pression de plus en plus grande qu'ils réclament est assurée par une progression de l'onde de choc vers l'amont [4]. A partir du moment où l'onde de choc rejoint, en s'évanouissant, le col de la tuyère, l'écoulement devient partout subsonique, et l'allongement de la canalisation commence alors à provoquer une diminution de débit.

Mais, en plaçant le $(n+1)^{\text{ième}}$ élément, on aurait pu éviter la naissance de l'onde de choc et la réaction progressive vers l'amont en réalisant le gradient de pression négatif exigé pour l'évacuation par un abaissement de la pression en aval.

---

[3] Nous appelons gaz parfait un gaz qui satisfait aux deux équations $pv = RT$ et $U = cT$; elles n'excluent pas l'intervention de la viscosité qui donne la décoordination δw.

[4] La discontinuité de pression devient de plus en plus importante à mesure que l'onde avance vers l'entrée de la conduite cylindrique où les vitesses supersoniques deviennent de plus en plus élevées. Elle rediminuera ensuite lorsque l'onde de choc pénètre dans le divergent de Laval, mais alors il s'y substitue une augmentation de pression plus grande dans la partie du divergent qui devient subsonique (cf. *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 345).

On pourra, par cette manœuvre répétée, obtenir, dans j éléments successifs, un écoulement que les équations (1), (2), (3), pas plus que l'équation (4), ne prévoyaient possible.

Cette contradiction exige qu'il ne corresponde pas aux hypothèses utilisées pour former ces équations. Il doit donc être très hétérogène, c'est-à-dire comporter des vitesses et des températures très variables d'un filet à un autre; ces vitesses semblent devoir être voisines des vitesses soniques.

L'étude d'un tel écoulement apparaît fort difficile. On remarquera d'ailleurs que l'adiabaticité *globale* due aux parois isolantes n'entraîne pas l'adiabaticité de l'évolution dans chacun des filets, entre lesquels les écarts de température, et les turbulences intenses qui paraissent probables, doivent provoquer des échanges de chaleur importants. Il doit en résulter des valeurs variées pour leurs vitesses soniques.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur le glissement de roulement.*

Note de M. **René Swyngedauw**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons mesuré le glissement de roulement d'un essieu sur un cylindre par la méthode générale décrite antérieurement [1].

L'essieu est formé de deux roues en acier doux, fixées sur un arbre de 40^{mm} de diamètre; les roues sont des disques pratiquement identiques d'environ 160^{mm} de diamètre et de 5^{mm} d'épaisseur, distant entre eux de 120^{mm}. L'essieu porte en bout d'arbre d'un côté un pignon interrupteur J' à cinq secteurs métalliques séparés par cinq isolants et, de l'autre côté, un pignon frein F en forme de disque de 10^{mm} d'épaisseur et de 120^{mm} de diamètre sur lequel frotte une bande de tissu.

Le cylindre est en acier trempé très dur de $96^{mm},6$ de diamètre; il est mû par courroie trapézoïdale et moteur courant continu alimenté par une batterie d'accumulateurs. Il porte en bout d'arbre un pignon interrupteur J à trois secteurs métalliques et trois isolants.

Le glissement varie avec le couple frein appliqué à l'essieu et dont le moment est $R(T-t)$. R étant le rayon du pignon frein; $T-t$ étant la différence des tensions appliquées aux extrémités de la bande de frottement. La tension t est égale au poids attaché à une extrémité de la bande; la tension T à l'autre extrémité est mesurée par une balance Sinus.

On détermine le glissement g de l'essieu par le procédé décrit dans ma Note du 26 janvier dernier à l'aide de l'expression

$$g = \frac{60}{m N \theta} - \varepsilon,$$

---

(1) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 151.

où N est le nombre de tours par minute du cylindre, θ la durée en secondes d'une oscillation double du volmètre,

$$\varepsilon = \frac{m}{m'}\frac{D}{D'} - 1 \qquad (m = 3,\ m' = 5);$$

D' diamètre des roues; D diamètre du cylindre.

Le cylindre étant en acier très dur et les roues en acier doux, ce sont celles-ci surtout qui s'usent et diminuent progressivement de diamètre; cette réduction de diamètre est d'ailleurs accentuée par une remise périodique de l'essieu au tour; de sorte que D'/D qui dépassait d'abord légèrement 5/3 s'est abaissé progressivement à une valeur inférieure à 5/3, et ε qui était d'abord positif est devenu négatif. Le diamètre D a pu être mesuré au palmer; D' n'a pu l'être qu'au pied à coulisse au $1/50^{mm}$, par suite D' comporte une erreur assez importante ne dépassant pas toutefois 0,0002. Cette erreur n'influe pas d'ailleurs sur la variation $g - g_0$ du glissement quand on passe de la marche à vide de l'essieu, soumis seulement à son couple propre C_0 (sans couple frein additionnel) à la marche freinée en outre par un couple frein C.

En effet $g - g_0 = 20\ (1/N\theta - 1/N_0\theta_0)$; l'indice zéro se rapportant à la marche à vide; N est mesuré au compte-tours Hasler, θ au compte-secondes, $g - g_0$ est ainsi connu à moins de 1/100 près; le couple frein est donné avec une erreur ne dépassant pas 3 %.

Les diamètres D et D' étant mesurés séparément (ce qui suppose l'écrasement nul), le glissement pour les faibles couples est un *pseudo-glissement* auquel se superpose un *vrai glissement* aux forts couples.

Cela posé; *si l'on porte en abscisse $g - g_0$ et en ordonnée le couple frein* C *ou l'effort tangentiel, les divers points se placent fidèlement et nettement sur une courbe semblable à la courbe de glissement d'une courroie en fonction du couple ou de l'effort transmis.*

Cette courbe comporte en effet une partie droite issue de l'origine raccordée à un arc de forme hyperbolique pour les couples dépassant une certaine limite comme le prévoyait M. Lévy (²).

Le coefficient angulaire de la partie droite diffère suivant la plage de roulement des roues de l'essieu sur le cylindre quoique ces plages soient identiques en apparence. Il en est de même du couple C' à partir duquel la courbure s'accentue.

Lorsque la plage de roulement reste inchangée et qu'on s'efforce de la maintenir dans un état invariable (en enlevant les traces de fer par le papier d'émeri très fin 00) *le coefficient angulaire de la courbe à l'origine croît progressivement, mais assez lentement, avec la durée de l'expérience.*

Une seule goutte d'huile sur chacune des roues de l'essieu multiplie le glissement dans le rapport 1 à 3 ou 4 pour un même couple frein; un polissage énergique ne fait disparaître complètement cet effet qu'à la longue.

(²) *Revue générale des Chemins de fer*, 4, février 1935, p. 201.

RELATIVITÉ. — *Sur la dynamique des milieux doués d'une densité de moment cinétique propre*. Note ([1]) de M. **Olivier Costa de Beauregard**.

1. Pour établir axiomatiquement ([2]) la dynamique des milieux doués de moment cinétique propre ou *spin*, nous partons du fait suivant, qui apparaît clairement sur l'exemple du point matériel : un moment cinétique fini est représenté par les trois composantes C^{uv} d'un tenseur du second rang antisymétrique C^{ij}, dont les trois C^{u4} s'interprètent comme moment barycentrique généralisé ($u, v, w = 1, 2, 3$; $i, j, k, l = 1, 2, 3, 4$).

2. Si, par hypothèse (A), une densité de moment cinétique propre σ existe, en la multipliant convenablement par l'élément volumique généralisé $[dx^i\, dx^j\, dx^k]$ on obtient un tenseur du second rang antisymétrique δC^{ij}. Alors σ est nécessairement un tenseur, et l'on montre que son rang n est 1 ou 3. On achève de préciser l'écriture du cas $n = 3$ en postulant (B) l'arbitraire de l'élément trilinéaire d'intégration.

3. Postulant alors (C) que la grandeur σ doit se comporter comme une densité vectorielle spatiale au sens habituel lorsque les trois $[dx^u\, dx^v\, dx^4]$ sont nulles (cas d'un *état simultané* du fluide), on montre que le tenseur σ^{jkl} du cas $n = 3$ doit être complètement antisymétrique, et qu'alors, en introduisant son quadrivecteur dual σ^i/ic, les deux cas $n = 1$ et $n = 3$ viennent en coïncidence suivant

$$(1) \qquad \delta C^{ij} = \sigma_k [dx^i\, dx^j\, dx^k], \qquad \delta B^{kl} = \sigma^k\, \delta u^l - \sigma^l\, \delta u^k;$$

$ic.\delta B^{kl}$ et $ic.\delta u^l$ sont les duals respectifs des tenseurs δC^{ij} et $[dx^i\, dx^j\, dx^k]$.

4. Enfin, postulant (D) que l'interprétation densitaire usuelle des trois σ^u doit être également retrouvée lorsqu'on se place dans le repère galiléen entraîné, on voit que le quadrivecteur σ^i doit être orthogonal au courant d'univers

$$(2) \qquad \sigma^i\, dx_i = 0 \qquad \text{ou} \qquad \sigma^4 = \frac{i}{c}\left(\vec{\sigma}.\vec{v}\right)$$

($\vec{v}$ désigne la vitesse habituelle du fluide).

5. Intégrons les (1) sur un domaine tridimensionnel fermé et transformons en intégrale quadruple suivant

$$(3) \qquad \iiint \delta B^{kl} = \frac{1}{ic} \iiiint (\partial^l \sigma^k - \partial^k \sigma^l) [dx^1\, dx^2\, dx^3\, dx^4].$$

Prenant un domaine défini par l'hyperparoi d'un tube de courant d'univers et

---

([1]) Séance du 27 mai 1942.

([2]) La densité de moment cinétique propre ne saurait dériver des forces d'inertie traditionnelles; cela apparaît clairement sur l'exemple d'une gouttelette sphérique de rayon r, dont le moment cinétique est un infiniment petit du cinquième ordre en r.

par deux hypercloisons planes, orthogonales à l'axe de temps, infiniment voisines dans le temps, l'intégrale triple *d'hyperparoi* et l'intégrale quadruple s'interprètent comme correspondant respectivement à des forces d'inertie superficielles et volumiques. L'expression des densités correspondantes se simplifie grâce à la conséquence (2) du postulat (D); $\vec{B}$ et $\vec{C}$ désignant respectivement les moments barycentrique et cinétique propres, on a, en écriture vectorielle d'espace habituelle,

$$(4)\quad \begin{cases} d\vec{B} = -dt\iint \vec{\sigma}\wedge\vec{\delta s} + dt\iiint \overrightarrow{\operatorname{rot}\vec{\sigma}}.\delta v, \\ d\vec{C} = dt\iint \vec{v}\wedge(\vec{\sigma}\wedge\vec{\delta s}) + dt\iiint\left\{\overrightarrow{\operatorname{grad}(\vec{\sigma}.\vec{v})} + \frac{\partial}{\partial t}\vec{\sigma}\right\}\delta v. \end{cases}$$

6. Rappelons que, dans l'espace à trois dimensions, le *défaut de symétrie* $T^{uv} - T^{vu}$ du tenseur élastique égale la densité volumique de moment pondéromoteur propre. Il résulte alors de ce qui précède que le tenseur inertique T^{ij} d'un milieu doué de spin ne peut être symétrique; plus précisément, le dual $\overline{T^{ij} - T^{ji}}$ de son *défaut de symétrie* doit être relié à la densité de spin σ suivant

$$(5)\qquad \overline{T^{ij} - T^{ji}} = ic(\partial^i\sigma^j - \partial^j\sigma^i).$$

Il suit de là qu'il y a une *bonne* et une *mauvaise* manière de calculer l'impulsion-masse finie $\iiint T^{ij}\delta u_j$, ce qui permet d'introduire la notion d'impulsion-masse transversale $\iiint (T^{ji} - T^{ij})\delta u_j$; grâce à la formule (5), la dernière intégrale peut être transformée en intégrale double, ce qui permet de définir une densité superficielle d'impulsion-masse transversale; dans le cas particulier *de la simultanéité* l'impulsion-masse transversale a pour expression simple $\iint(\vec{\sigma}\wedge\vec{\delta s})$.

Application de la présente théorie en Relativité générale. — L'asymétrie du tenseur inertique entraînerait celle du tenseur R^{ij} (car on voit mal à quoi pourrait correspondre une asymétrie du tenseur g^{ij}). En d'autres termes, l'hypothèse de l'existence macroscopique d'une densité de moment cinétique propre imposerait l'utilisation d'un univers riemannien généralisé soit par l'hypothèse d'une torsion, soit par celle d'une jauge de Weyl. Précisons que cette extension ne serait pas destinée à rendre compte de l'Électromagnétisme, comme dans les théories unitaires, mais qu'elle correspondrait à un *effet gravitationnel de spin*, purement mécanique, où jouerait la constante χ.

Application à la Mécanique ondulatoire. — C'est dans ce but que nous avons établi notre théorie. La densité σ de Dirac possède bien, comme on sait, l'ensemble des propriétés 1, 2, 3, 4; de plus, nous avons rappelé, dans notre

dernière Note ([3]), que, en théorie de Dirac, le tenseur inertique *asymétrique* de tétrode est bien relié à σ par notre formule (5). Les mêmes conclusions, *mutatis mutandis*, se retrouvent en théories du photon et du graviton.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une méthode générale de dosage spectroscopique des corps en mélange. Application au mélange benzène-toluène-xylène dans l'atmosphère.* Note ([1]) de M. **Daniel Florentin**, Mme **Marguerite** et M. **René Héros**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'expérience montre que les droites qui représentent la fonction $y = \log(I_0/I)$ dans la loi de Berr-Lambert, et dont la tangente de l'angle avec l'axe des x (concentrations) peut être considérée comme l'*indice d'absorption* pour la longueur d'onde considérée, présentent des variations considérables pour des corps homologues ou de constitution voisine. Cette constatation permet de différencier les corps et même de doser les différents homologues présents dans un mélange.

Nous avons déjà montré qu'on pouvait, à l'aide d'un appareillage relativement simple ([2]), caractériser et doser des corps tels que la cocaïne, la novocaïne et la stovaïne en mélange.

En utilisant l'appareillage décrit par A. Chevallier et P. Dubouloz ([3]), nous avons plus particulièrement étudié le problème très intéressant du dosage des hydrocarbures dans l'air des ateliers.

La figure 1 représente les courbes d'absorption du benzène, du toluène et du xylène commercial (xylol) en solution dans l'alcool. Pour les longueurs d'onde λ_1 2475 Å, λ_2 2575 Å, λ_3 2650 Å, ces hydrocarbures présentent des indices d'absorption très nettement différents (*fig.* 2).

On peut d'ailleurs absorber les vapeurs d'hydrocarbures présentes dans l'air en faisant barboter cet air dans de l'alcool refroidi vers $-10°$ (nous utilisons deux barboteurs placés en série); un volume de 1,5 à 3^l d'air est généralement suffisant et correspond à un poids total d'hydrocarbures absorbés de 3 à 10^{mg}.

Si l'on connaît le solvant utilisé dans l'atelier : benzol 90 % ou 50 % par exemple, il suffit de tracer, une fois pour toutes, la droite d'absorption de ce solvant en fonction de la concentration, pour λ par exemple, pour qu'une simple mesure d'absorption donne la teneur en hydrocarbures dans l'alcool, et par conséquent dans l'air.

Si l'on ignore cette composition, il suffit de déterminer l'absorption pour les longueurs d'onde λ_1, λ_2, λ_3 pour obtenir trois mesures d'absorption qui

---

([3]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 818.

([1]) Séance du 4 mai 1942.

([2]) *Ann. Chim. analytique*, **24**, 1942, p. 31.

([3]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 174.

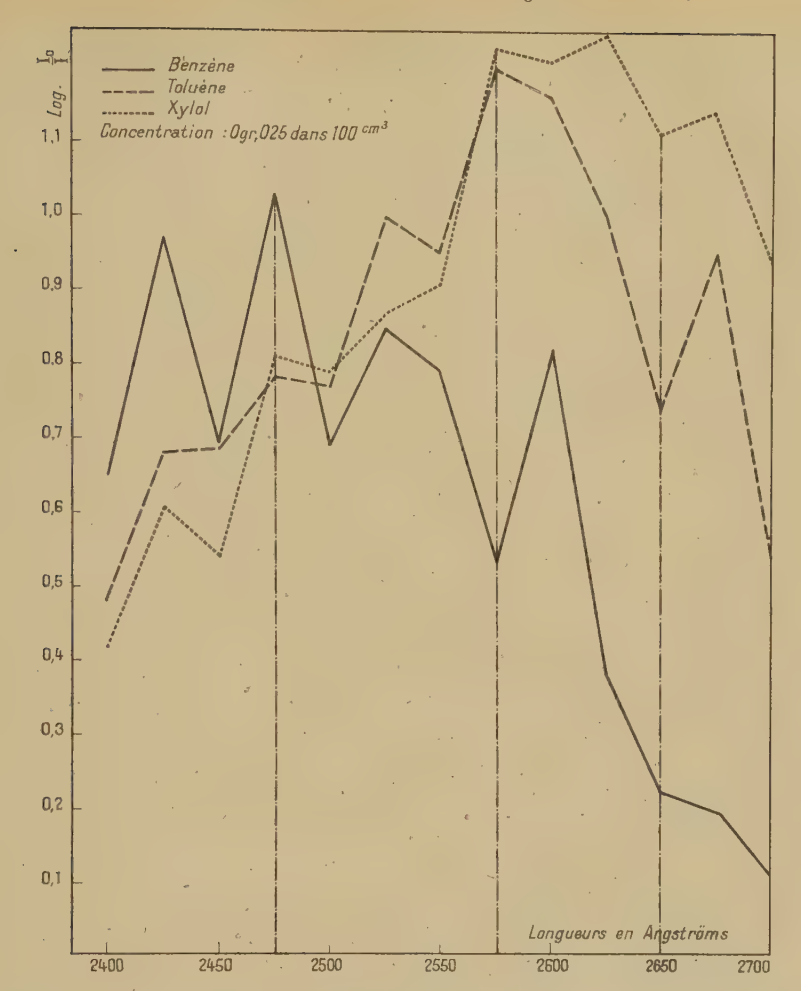


Fig. 1. — Courbes d'absorption des hydrocarbures benzéniques (de 25 en 25 Å).

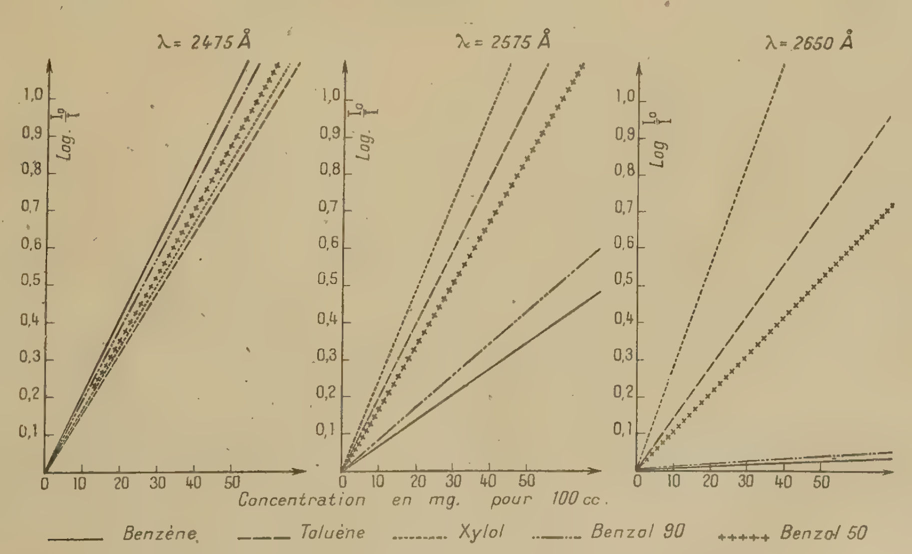


Fig. 2. — Indices d'absorption des hydrocarbures benzéniques.

permettent de calculer les teneurs respectives en benzène, toluène, xylol, détermination à peu près impossible à faire par une méthode chimique, sur de si faibles quantités.

Nous pouvons, par exemple, poser

	Benzène.	Toluène.	Xylol.
Concentration pour 100$^{cm^3}$ d'alcool.......	x	y	z

$X = x + y + z$.

Déterminons

	λ_1.	λ_2.	λ_3.
$\log(I_0/I) \times 100$ du mélange étudié.......	A_1	A_2	A_3

Tous calculs faits, on obtient

$$X = 0{,}43 A_1 + 0{,}21 A_2 - 0{,}07 A_3; \qquad y = 0{,}64 A_1 + 1{,}92 A_2 - 1{,}28 A_3;$$
$$x = 0{,}75 A_1 - 0{,}75 A_2 + 0{,}21 A_3; \qquad z = 0{,}32 A_1 - 0{,}96 A_2 + A_3.$$

Résultats. — I. En solution alcoolique, par exemple, nous avons obtenu les chiffres suivants :

	Benzène.	Toluène.	Xylol.
Composition %........................	45	45	10
Trouvé »	48	43	9

II. *Dosage dans l'air* (*benzol* 90 %).

Méthode chimique (dérivés nitrés)................	4^g,4/m^3
» spectroscopique........................	4^g,1/m^3

	Benzène.	Toluène.	Xylol.
Avec la composition %................	83	9	7
Au lieu de........................	84	12	4

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude des argento- et des cuprocyanures de potassium et de leurs acides*. Note (¹) de Mlle **Jeanne Brigando**, présentée par M. Paul Lebeau.

Dans un précédent travail, j'ai trouvé que les acides cobalti-, ferri- et chromicyanhydriques sont des acides forts et que les trois fonctions acides de chacun d'entre eux ont sensiblement la même force. Ainsi il m'a été impossible de mettre en évidence une influence quelconque du métal. Cette étude a été poursuivie sur les acides argento- et cuprocyanhydriques. Ces acides étant très instables, je les ai étudiés à partir de leurs sels : $Ag(CN)^2K$, $Ag(CN)^4K^3H^2O$ et $Cu(CN)^2K$, $Cu^2(CN)^3KH^2O$ et $Cu(CN)^4K^3H^2O$ par la méthode déjà employée pour le chromicyanure de potassium. Une solution aqueuse de cyanure complexe à la concentration M/100, refroidie à une température voisine de 0° est additionnée d'acide chlorhydrique N. Je détermine la concentration en ions H de la solution par la méthode potentiométrique avec électrode de verre en fonction de la quantité d'acide chlorhydrique ajoutée.

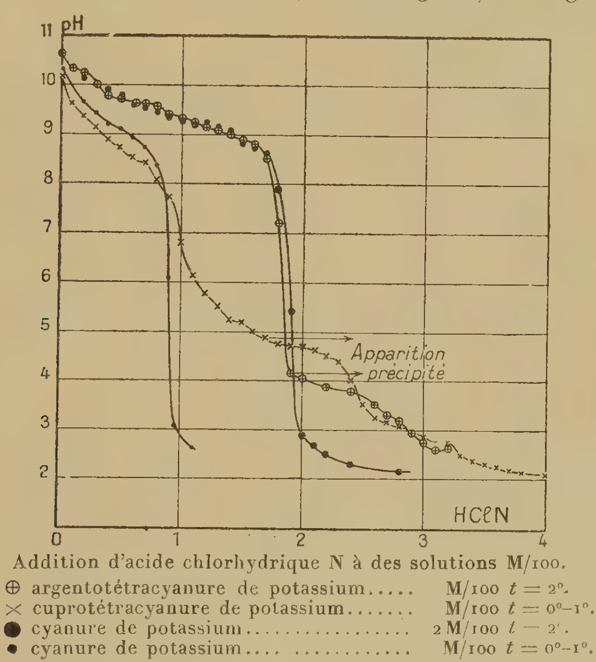
$Ag(CN)^2K$. — Le pH d'une solution d'argentodicyanure de potassium à la concentration M/100 et à 0° est égal à 6,8. Il décroît ensuite très rapi-

(¹) Séance du 27 mai 1942.

dement pour une faible addition d'acide. L'acide argentodicyanhydrique est donc un acide fort. Ceci est en accord avec les résultats trouvés par Euler par des mesures de conductivité.

$Cu(CN)^2K$ *et* $Cu^2(CN)^3KH^2O$. — Ces corps sont peu solubles dans l'eau. Une solution aqueuse saturée de dicyanure de potassium à la température de 0° a un pH de 7,2-7,3. Pour le second sel, le pH est 6,9-7. Dans les deux cas, on a une diminution rapide du pH pour $0^{mol},1$ d'acide ajoutée à 1^{mol} de complexe. Comme l'argentodicyanure de potassium, ces sels dérivent d'acides forts.

$Ag(CN)^4K^3H^2O$. — La courbe de titrage de l'argentotétracyanure de potassium et celle d'une solution de cyanure de potassium 2M/100 sont superposables aux erreurs d'expérience près (voir la figure). L'argentotétracyanure



Addition d'acide chlorhydrique N à des solutions M/100.

⊕ argentotétracyanure de potassium..... M/100 $t = 2°$.
× cuprotétracyanure de potassium....... M/100 $t = 0°-1°$.
● cyanure de potassium................. 2M/100 $t = 2°$.
• cyanure de potassium.... .... M/100 $t = 0°-1°$.

est donc entièrement dissocié en argentodicyanure de potassium et en cyanure de potassium simple d'après le schéma $Ag(CN)^4K^3 \rightarrow Ag(CN)^2K + 2CNK$.

$Cu(CN)^4K^3H^2O$. — On observe sur le graphique un point d'inflexion pour 1^{mol} d'acide chlorhydrique ajoutée à 1^{mol} de sel qui paraît correspondre à la formation de cuprotricyanure de potassium $Cu(CN)^3K^2$. La comparaison avec la courbe de titrage du cyanure de potassium M/100 montre que le cuprotétracyanure n'est que partiellement dissocié en cuprotricyanure et en cyanure simple. Pour $1^{mol},7$ d'acide chlorhydrique, on a un commencement de précipitation. A partir de ce point, la courbe présente un palier, puis un point d'inflexion aux environs de $2^{mol},5$ d'acide chlorhydrique. Le produit du début de la précipitation a été isolé; sa teneur en cuivre correspond à $Cu^2(CN)^3KH^2O$. Ainsi, par addition d'acide chlorhydrique N à une

solution étendue de cuprotétracyanure de potassium à une température voisine de 0°, il se forme d'abord du cuprotricyanure, puis du dicuprotricyanure de potassium qui précipite. En présence d'un excès d'acide, on obtient on le sait le cyanure lui-même.

Si l'on opère à la température ordinaire (25°) l'allure de la courbe, analogue au début, est ensuite un peu différente. La formation de $Cu(CN)^3K^2$ est nettement marquée comme à 0°, mais l'apparition du précipité, qui ici est du cyanure de cuivre, a lieu lorsque 2^{mol} d'acide chlorhydrique ont été ajoutés à 1^{mol} de cuprotétracyanure.

En résumé, l'argentodicyanure et le cuprodicyanure de potassium, comme les cobalti-, ferri- et chromicyanures, sont des sels d'acides forts et se comportent d'une manière analogue. Au contraire les acides argento- et cuprotétracyanhydriques n'existent pas en solution, même à une température voisine de 0°. Leurs sels de potassium sont eux-mêmes instables; mais malgré l'analogie de leur composition, leur dissociation n'est pas la même; le premier donne naissance au dicyanure, le second au tri-, puis au sexquicyanure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Carbonatation anormale des combinaisons magnésiennes des di-halogéno-2.4 anisols.* Note de M. **Marcel Paty**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ainsi que je l'ai montré (1), les combinaisons mono- et dimagnésiennes du di-bromo-2.4 anisol s'obtiennent facilement et avec des rendements satisfaisants.

L'hydrolyse et l'oxydation du monomagnésien conduisent respectivement au parabromoanisol (II) ($É_{16}$ 99-101°, n_D^{20} 1,5640) et au bromo-4 gaïacol (I) (prismes hexagonaux aplatis dans l'éther de pétrole, F 66°), ce qui prouve que l'on a affaire au bromure de bromo-5 méthoxy-2 phénylmagnésium. La carbonatation de cette même combinaison magnésienne, au lieu de l'acide bromo-5 méthoxy-2 benzoïque (aiguilles de l'eau, F 119°), donne l'acide bromo-3 méthoxy-4 benzoïque (III) (bromo-3 anisique) (aiguilles du mélange éther-chloroforme, F 223-224°) :

$CH^3O-C_6H_3(Br)-Br$ (Br en ortho) $\xrightarrow{(Mg)}$ $CH^3O-C_6H_3(MgBr)-Br$ (MgBr en ortho)

$\xrightarrow{(O^2)}$ $CH^3O-C_6H_3(OH)-Br$ (OH en ortho) (I).

$\xrightarrow{(H^2O)}$ $CH^3O-C_6H_4-Br$ (II).

$\xrightarrow{(CO^2)}$ $CH^3O-C_6H_3(Br)-CO^2H$ (Br en ortho) (III).

Pour rechercher la cause de cette anomalie, j'ai étudié la carbonatation des dérivés monomagnésiens des chlorobromoanisols, comportant en 2 et 4

(1) Marcel Paty, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 6, 1939, p. 1301; *Thèse*, Paris, 1940; *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 8, 1942, p. 55.

deux atomes halogènes différents et d'activités inégales vis-à-vis du magnésium : ces corps ne figuraient pas encore dans la littérature chimique.

1° Le chloro-2 bromo-4 anisol, $É_{17}$ 140-142°, lamelles (solidification ou cristallisation dans l'éther), aiguilles (dans l'alcool), F 63°, s'obtient en faisant barboter un rapide courant de chlore dans du parabromoanisol. Il donne facilement un monomagnésien, avec un rendement de 80 %. Celui-ci a été déterminé par l'hydrolyse, qui conduit à l'orthochloroanisol ($É_{17}$ 87-89°), ce qui prouve que l'on a affaire au bromure de chloro-3 méthoxy-4 phénylmagnésium. La carbonatation de ce magnésien conduit à l'acide chloro-3 anisique (petites aiguilles, dans l'alcool dilué, F 214-215°). Les réactions sont donc normales :

2° Le bromo-2 chloro-4 anisol, $É_{17}$ 126-127°, prismes rhombiques et aiguilles (dans l'alcool), F 22°, se prépare aisément en traitant par la quantité théorique de brome le parachloroanisol dissous dans CS^2, et en présence d'eau. Le parachloroanisol ($É_{17}$ 85-87°, n_D^{15} 1,5400) est lui-même obtenu en faisant barboter un rapide courant de chlore dans l'anisol.

Le bromo-2 chloro-4 anisol donne, sans difficulté lui aussi, un monomagnésien, avec un rendement de 78-80 % ; celui-ci a été déterminé par l'hydrolyse qui redonne le parachloroanisol (II). L'oxydation conduit au chloro-4 gaïacol (I) déjà connu (prismes, dans l'éther ordinaire, F 37°). Le monomagnésien est donc le bromure de chloro-5 méthoxy-2 phénylmagnésium. Mais la carbonatation de ce magnésien, au lieu de conduire à l'*acide chloro*-5 méthoxy-2 benzoïque (petites aiguilles dans l'eau, F 81-82°), donne l'acide chloro-3 anisique (III), tout comme le magnésien du chloro-2 bromo-4 anisol : nous retrouvons donc la même anomalie que dans le cas du di-bromo-2.4 anisol ;

3° Pour déterminer à quel groupement il faut imputer ces réactions anormales, j'ai enfin étudié la carbonatation du magnésien de l'orthobromoanisol : celle-ci donne uniquement l'acide orthométhoxybenzoïque (lamelles, dans l'eau, F 99°) :

$$C_6H_4(OCH^3)Br \xrightarrow{(Mg)} C_6H_4(OCH^3)MgBr \xrightarrow{(CO^2)} C_6H_4(OCH^3)COOH$$

Nous pouvons donc conclure de cette étude que :

a. L'hydrolyse et l'oxydation des combinaisons monomagnésiennes des dérivés di-halogénés en 2.4 de l'anisol conduisent à des produits normaux.

b. Le produit de la carbonatation est également normal, si l'atome halogène le plus actif vis-à-vis du magnésium est situé en para par rapport au groupement méthoxyle (cas du chloro-2 bromo-4 anisol).

c. Au contraire, la carbonatation donne un produit normal, si l'atome halogène donnant le monomagnésien est fixé en ortho par rapport à $-OCH^3$. Cette anomalie se présente aussi bien pour le di-bromo-2.4 anisol que pour le bromo-2 chloro-4 anisol. Elle ne peut donc s'expliquer que par une transposition moléculaire entre le groupement $-C{\displaystyle\genfrac{}{}{0pt}{}{//O}{\backslash OMgO}}$ situé en ortho et le deuxième atome halogène situé en para par rapport à $-OCH^3$.

d. Enfin cette transposition est due à la présence de ce deuxième atome halogène fixé en méta par rapport au premier, et non à l'existence du groupement méthoxyle en ortho, puisque la carbonatation du magnésien de l'orthobromoanisol a lieu de façon tout à fait normale. Ce genre de transposition n'avait jamais été signalé jusqu'à présent.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de la cytisine.* Note de MM. **Michel Polonovski** et **Henri Lecoq**, présentée par M. Maurice Javillier.

La formule de constitution de la cytisine proposée par R. H. Ing repose principalement sur l'obtention de la méthyl-3 *n*-amyl-5 pipéridine (VII) par dégradation de l'iodométhylate de N-acétyltétrahydrodésoxycytisine (Späth et Jalinovsky) et sur celle du tétrahydrosemicytisilène à partir de l'iodométhylate de N-méthylcytisine.

Mais l'existence d'un noyau pyridocolique n'était encore que vraisemblable : c'est la preuve de sa présence dans la cytisine que nous apportons ici.

L'action de O^2H^2 sur cette base ne donne pas lieu à formation de N-oxyde, mais, suivant qu'on opère en présence d'une molécule de O^2H^2 en solution à 3% ou en présence d'un excès de perhydrol à 30%, on obtient soit un composé alcalin (F 132°) répondant à la formule $C^{11}H^{14}N^2O^2$, soit une substance, de réaction neutre (F 157°) et de formule $C^{11}H^{14}N^2O^3$. Le premier

possède une fonction amine primaire et un groupement aldéhydique [phénylhydrazone (F 181°) oxime (F 156°)] [formule (I)]; la seconde est un acide aminé et peut d'ailleurs être préparée par oxydation sulfochromique du dérivé aldéhydique précédent; nous l'avons dénommée *acide cytisique* et proposons pour elle la formule (II). En effet, en procédant à la désamination de cet amino-acide (par diazotation et action de l'alcool, ou mieux par action du nitrite d'amyle, nous avons obtenu un nouveau composé, $C^{11}H^{13}NO^{3}$ (F 190°), la tétrahydro-1.2.3.4 méthyl-1 carboxy-3 céto-6 pyridocoline :

(I). (II).

(III). (IV).

Le groupement méthyle ainsi formé est oxydé par le mélange sulfochromique en carboxyle et l'acide dicarboxylique (III) obtenu (F 214-216°) est décarboxylé par chauffe avec trois parties de chaux. On se trouve alors en présence d'un produit coloré en brun, soluble dans l'eau, l'alcool et l'acide acétique, insoluble dans l'éther ou le chloroforme, que nous avons décoloré et purifié par chromatographie sur une colonne de talc; l'analyse de ce produit répond à celle d'une tétrahydro-1.2.3.4 céto-6 pyridocoline (IV). Sa réduction par hydrogénation catalytique conduit par absorption de 6 à 8 atomes d'hydrogène à un mélange d'hydroxy-6 octahydropyridocoline (F 71-72°) et d'octahydropyridocoline. L'octahydropyridocoline a été identifiée au dérivé *cis* de Clémo par les points de fusion des picrate, picrolonate, chloraurate et iodométhylate. L'hydroxy-6 octahydropyridocoline (V), cristaux incolores fondant à 171-172°, n'était pas encore connue; son analyse répond bien à la

(V). (VI). (VII).

formule $C^{9}H^{17}ON$; son poids moléculaire déterminé par cryoscopie dans le benzène est de 155 et l'indice d'acétyle de son dérivé acétylé s'accorde avec la

formule proposée. Enfin, en réduisant ce dérivé alcoolique par la méthode de Clemmensen, nous avons isolé la même *cis*-octahydropyridocoline.

Ceci constitue la preuve de la structure pyridocolique de la cytisine et de la formule proposée par Ing (IV). Le chaînon $CH^2—NH—CH^2$, dont l'existence est abondamment démontrée par l'action de C^2H^2 sur la cytisine, ne peut se rattacher qu'aux carbones 1 et 3 de la pyridocoline, et non par exemple en 2.4, du fait que la dégradation de Hoffmann appliquée à la cytisine conduit, nous l'avons vu, à la méthyl-3 amyl-5 pipéridine (VII). Ainsi se trouve définitivement établie la constitution des différents cycles de la cytisine.

GÉOLOGIE. — *Résultats récents de l'étude du Rif français* (*sillon rifain*). Note [1] de M. **Jean Marçais**, présentée par M. Charles Jacob.

En 1938 [2], j'ai précisé l'âge et le style des plissements dans la partie orientale du Rif français. L'importance du recouvrement de la série marno-schisteuse sur le Nord du Prérif, ainsi reconnue au Nord de Taza, nous avait amenés à accomplir, le regretté J. Lacoste, M. P. Fallot et moi-même, une course dans l'Est du Rif méridional (Senhadjas) pour y vérifier l'extension des charriages. J. Lacoste a donné les résultats de cette tournée pour sa région d'étude [3].

La découverte de fenêtres de vaste étendue dans la série marno-schisteuse m'avait logiquement conduit à admettre en 1938 le charriage d'une partie au moins de cette série. Et en 1939 J. Lacoste avait lui-même envisagé une superposition de la série marno-schisteuse sur la série prérifaine [4].

Voici les principaux faits qui démontrent ce charriage :

1° *Fenêtres dans la nappe de la série marno-schisteuse.* — Outre les fenêtres déjà connues à l'Ouest de Taïnest (Beni Krama) et dans les Senhadjas (Oued Tamda), signalons la boutonnière de la vallée du Haut-Leben, où la série nummulitique prérifaine s'enfonce partout sous la série marno-schisteuse et les *sofs* de Kef el Ghar. Au Nord de Taza, le massif du Kouine, sur 15^{km} de long et 5^{km} de large, et celui d'Aïn Aokka au Sud, sur 12^{km} de long et 4^{km} de large environ, émergent de la nappe marno-schisteuse. Ils sont formés par un flysch clair, surtout nummulitique, par place miocène. Ce flysch réapparaît entre le Haut Kert et le Haut Nkor, où il forme une vaste fenêtre dont les limites septentrionales sont en zone espagnole. Dans ces fenêtres, la série claire, substratum visible de la nappe de la série marno-schisteuse, est, surtout dans le Nord, plissée mais non disloquée, ne montre pas de Trias diapyr et contient des laves lamprophyriques généralement altérées (calcifiées), voisines des aiounites et des mestigmeurites. La série marno-schisteuse, elle, se présente dans le désordre tectonique que j'ai déjà décrit [1]. Au Nord des chaînes du Kouine et d'Aïn Aokka, elle se charge de massifs de Lias calcaire et de Paléozoïque

---

[1] Séance du 1er juin 1942.
[2] *C. R. Soc. Géol. France*, n° 17, 1938, p. 330.
[3] *Bull. Soc. Géol. France*, 1941 (sous presse).
[4] *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 226.

(Azrou, Akchar, Merzougui). Au Sud au contraire, elle est presque uniquement formée de Crétacé schisteux injecté de Trias gypseux. Tout se passe comme si ces chaînes avaient déjà existé à l'époque du charriage et s'étaient opposées au passage des grosses masses rigides entraînées dans la série plastique et fluente. On peut évaluer approximativement à 500^{km^2} la superficie de cet ensemble de fenêtres.

2° *Front de la nappe de la série marno-schisteuse.* — Je n'avais pas avant 1941 reconnu nettement le front de la nappe. En octobre dernier j'ai examiné la région de Bab Termas, à 35^{km} au Nord de Taza. Là des masses de Trias gypseux et dolomitique, injectées dans la série marno-schisteuse brune, forment un anneau irrégulier de 25^{km} de périphérie. Les collines de Nummulitique prérifain entourent et dominent ce complexe. Partout on observe que le Nummulitique plonge périclinalement sous l'ensemble Crétacé-Trias. Les pendages sont nets; des réapparitions en fenêtres du Nummulitique sous le Trias et des témoins de charriage sur l'Éocène mettent en évidence le recouvrement. La série marno-schisteuse et le Trias reposent là en faux synclinal, en berceau, sur le Prérif. Le Nummulitique prérifain s'enfonce au Nord sous la nappe et je ne connais plus, en zone française au moins, le faciès des marnes blanches à silex éocènes. Ce front de la nappe se continue à l'Est (Tizeroutine) et à l'Ouest (Bab Karia, En Nehir).

Plus loin au Nord-Est, le bord de la nappe atteint la zone espagnole au Sud de Dar Drius, passe au Nord des Kebdanas, par l'embouchure du Kiss, puis dans le Nord de l'Oranie, où M. Gautier l'a étudié et décrit ([5]). Vers l'Ouest un examen des cartes géologiques ([6]) montre la limite des deux sillons, rifain et prérifain, soulignée par l'opposition des faciès et des styles. En particulier la présence de Jurassique schisteux brun et violet, et celle de nombreux *sofs* calcaires fichés dans la série marno-schisteuse, sont des caractères typiques de la nappe. On peut ainsi tenter de tracer le contact anormal probable qui doit limiter vers le Sud les dépôts charriés du sillon rifain. Cherchant le prolongement de ce contact vers l'Ouest nous avons, Mme Gubler et moi, examiné en 1941 l'Oued Zendoula au Nord d'Ouezzan. Là, si le contact anormal n'est pas visible, ni bien dégagé par l'érosion comme à l'Est, il paraît difficile de ne pas envisager qu'il existe, assez vertical et jalonné par les débris tectoniques primaires et triasiques que M. Bourcart a figurés sur sa carte. Au Sud d'Ouezzan, nous avons, M. Tenaille et moi, cherché à préciser la position du massif de Sidi Redouane. Stratigraphiquement et tectoniquement, ce massif paraît semblable aux *sofs* du Leben. Là encore le chevauchement est très probable, mais il n'est pas démontré d'une façon certaine.

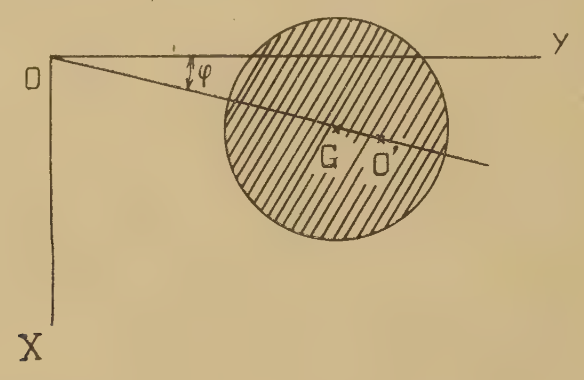
Ainsi on peut, semble-t-il, admettre aujourd'hui *que la série marno-schisteuse est très largement charriée sur le Nord du sillon prérifain. L'amplitude du recouvrement sur le méridien de Taza atteint* 50^{km} *au moins.* Il est possible que, plus à l'Ouest, la nappe s'étale plus largement encore. Mais, s'il est logique de considérer que l'Ouest de la chaîne rifaine présente la même structure que l'Est, il est difficile de vérifier le fait, la région occidentale étant moins profondément érodée que l'orientale.

([5]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2092.
([6]) *Publ. du Serv. Mines et Carte Géol. du Maroc*, n°s 21 et 29.

SÉISMOLOGIE. — *Sur l'utilisation de la masse des séismographes et la possibilité d'améliorer les caractéristiques de certains appareils à amplification mécanique.* Note de M. **Gaston Grenet**, présentée par M. Charles Maurain.

Considérons un séismographe constitué par une masse mobile pouvant tourner autour d'un axe OZ perpendiculaire au plan de la figure. Soient M la valeur de la masse mobile, K son moment d'inertie par rapport à l'axe OZ, G la projection du centre de gravité sur le plan XOY, φ l'angle $\widehat{GOY}$.

Posons $OG = L_1$, $L_2 = K/ML_1$.



Soit O' un point de OG tel que $OO' = L_2$. Supposons la masse rappelée vers sa position d'équilibre par un ressort ou tout autre dispositif de telle façon qu'en l'absence de mouvement du sol la période des petites oscillations soit $T_0 = 2\pi/\Omega_0$. Supposons qu'un amortisseur produise un couple proportionnel à $d\varphi/dt$ et négligeons tous les autres frottements.

En faisant les hypothèses habituelles, en particulier en négligeant les mouvements de rotation du sol et en s'en tenant au cas des déplacements infiniment petits par rapport à L_2, on établit aisément l'équation du mouvement. Soient X, Y, Z les composantes de la translation du mouvement du sol dans un système de référence fixe parallèle au système OXYZ lié au sol. On obtient

$$K\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\beta\Omega_0 K\frac{d\varphi}{dt} + K\Omega_0^2\varphi = ML_1\frac{d^2X}{dt^2}, \tag{1}$$

ce qui s'écrit

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\beta\Omega_0\frac{d\varphi}{dt} + \Omega_0^2\varphi = \frac{1}{L_2}\frac{d^2X}{dt^2}. \tag{2}$$

Un raisonnement hâtif fait dire que tout se passe comme si la masse était concentrée au point O' tel que $OO' = L_2$. Mais ce raisonnement est inexact. On peut, sans altérer les propriétés de l'appareil, modifier la répartition des masses à condition de ne pas changer les valeurs de K, de M et de L_1. C'est ce qui est obtenu si l'on remplace la masse réelle par deux masses ponctuelles $M(L_1/L_2)$ placée en O' et $M[(L_2 - L_1)/L_2]$ en O. Il est évident que la

masse placée en O n'a aucun effet. Donc la seule masse $M(L_1/L_2)$ placée en O′ et assujettie à tourner autour de l'axe OZ représente convenablement le séismographe considéré. Une discussion complète conduit au même résultat que ce raisonnement rapide. On voit ainsi apparaître le coefficient L_1/L_2 qui définit l'utilisation de la masse mobile. Si l'on tient compte de l'inertie des leviers amplificateurs, on trouve que le coefficient d'utilisation de la masse est encore abaissé.

Ce coefficient d'utilisation, compte tenu de l'influence de l'inertie des leviers, est égal au rapport de l'amplification pour les mouvements rapides du sol (dite amplification statique) à l'amplification du mouvement du centre de gravité. La détermination de l'amplification dite statique se fait par le procédé habituel. L'autre terme de ce rapport est égal à l'amplification totale des leviers.

La masse des séismographes de petite dimension est en général bien utilisée (coefficient voisin de 0,8). Pour les appareils de courte période et de grande masse, les déplacements étant en principe des translations, le coefficient d'utilisation de la masse considérée isolément est de 1. Mais, du fait de l'importance de l'amplification, l'inertie des leviers et du dispositif d'augmentation de la période peuvent diminuer considérablement le facteur d'utilisation de la masse. Bois (1) signale que le dispositif d'astatisation du pendule de 19 tonnes qu'il a étudié a pour effet de réduire considérablement l'amplification de cet appareil. Il est probable que le coefficient d'utilisation de la masse de cet appareil, pour la composante verticale, est de l'ordre de 0,25. Comme l'amplification que l'on peut obtenir d'un séismographe à amplification mécanique est d'autant plus grande que la masse de l'appareil est elle-même plus grande, on voit qu'il y aurait le plus grand intérêt à chercher à améliorer dans toute la mesure du possible l'utilisation des masses des grands séismographes à amplification mécanique.

MICROPALÉONTOLOGIE ET MORPHOGÉNIE. — *Possibilités morphogénétiques comparées du calcaire et de la silice, à propos d'un nouveau type de microfossile calcaire de structure complexe,* Lithostromation perdurum *n. g. n. sp.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Une différence fondamentale sépare les sécrétats cellulaires calcaires et siliceux : dans leur forme définitive, les premiers sont cristallins (calcite ou aragonite), les seconds restent toujours amorphes. Les matériaux d'élaboration des uns et des autres doivent apparemment traverser une phase colloïdale fugace (albuminates de calcium et complexes silico-organiques?) d'étude

(1) Ch. Bois, *Publication du Bureau central Séismologique International,* série A, *Travaux Scientifiques,* 8, 1933, p. 5.

ardue et pratiquement inconnue. Lors de l'acquisition de l'état solide figuré, *le calcaire semble devoir être moins plastique que la silice*, dont le passage de l'état de sol à l'état de gel (opale *sensu lato*) n'est d'ailleurs sans doute pas irréversible, à l'intérieur même de la cellule vivante. Ces considérations s'accordent avec les remarques suivantes.

Qu'il s'agisse de productions squelettiques internes ou de formations péricellulaires, les éléments siliceux microscopiques atteignent une complexité et une délicatesse de structure ([1]) que ne revêtent point les éléments calcaires de même taille ([2]). Aucun élément squelettique calcaire d'origine biologique ne présentant une structure comparable au minuscule squelette siliceux si compliqué de certaines Ébriidées ou à la paroi de certaines Diatomées, on pouvait donc penser que ce fait était lié à la texture moléculaire de la calcite et qu'il y avait, par conséquent, incompatibilité, à une certaine échelle, située pratiquement au-dessous de 50$^{\mu}$, entre celle-ci et la genèse de structures aussi complexes et délicates que celles présentées par les organismes siliceux.

La découverte de *Lithostromation perdurum* n. g. n. sp., microfossile calcaire des silex ménilites et des marnes du Sahélien d'El Medhi (Oranie), apporte une fort intéressante exception à cette règle, dont la généralité objective n'est toutefois entamée qu'au regard des formations squelettiques. Ce microfossile (*fig.* 1 à 9), de très faible taille (12 à 16$^{\mu}$) possède un squelette calcaire aussi complexe, par exemple, que celui, siliceux, de l'Ébriidée *Hermesinopsis Caulleryi* Defl. (19 à 22$^{\mu}$). En bref, il est constitué par un plateau triangulaire portant six perforations, sur les deux faces duquel le centre, formant pilier, soutient un appendice à trois branches fourchues, évidées au-dessous, et dont les axes sont décalés de 30° à droite par rapport à ceux du plateau; chaque branche envoie un prolongement vers l'un des sommets du triangle et l'autre vers le milieu de chaque côté. En vue latérale (*fig.* 7, 8), l'organisme apparaît fortement bombé et rappelle un coussinet. Les marges de variation individuelles seront décrites ultérieurement. Par sa symétrie et par ses deux faces identiques, *Lithostromation* s'éloigne des Coccolithophoridées et des Discoastéridées, abondantes dans le microplancton sahélien d'Oranie. Ce n'est donc pas un *élément de revêtement cellulaire*, comparable aux coccolithes, mais un

---

(1) Que détaille même le microscope électronique (cf. MÜLLER et PASEWALDT, *Naturwiss.*, 30, 1942, p. 55).

(2) De nombreux exemples probants pourraient être énumérés, tant chez les êtres dits *supérieurs* (animaux et plantes) que chez les Protistes. Pour s'en tenir à ces derniers, il suffit d'évoquer les Radiolaires et surtout les Diatomées, auxquels s'ajoutent les diverses familles de Flagellés siliceux que j'ai étudiées ici même (cf. *Comptes rendus*, **194**, 1932, pp. 1859 et 2171; **211**, 1940, p. 597 etc.). Parallèlement à cette extraordinaire profusion de formes siliceuses microscopiques, il n'existe pas de formes calcaires correspondantes : seules peuvent être citées les Coccolithophoridées et les Discoastéridées, beaucoup moins variées et nettement plus grossières.

squelette intracellulaire, ayant probablement appartenu à un Flagellé d'un type actuellement inconnu dans le plancton de nos océans. Ses caractères excep-

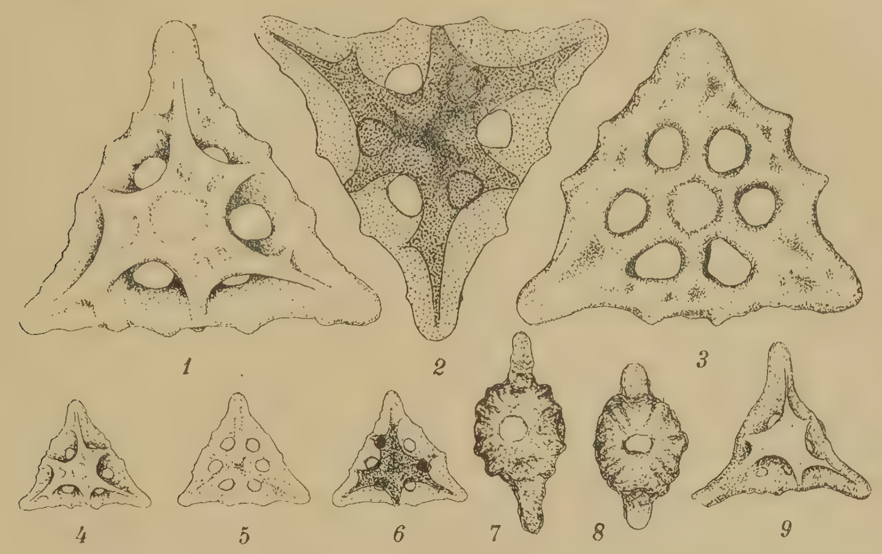


Fig. 1 à 9. — *Lithostromation perdurum* n. g. n. sp., microfossile calcaire du Sahélien d'Oranie. 1, Holotype en vue frontale; 2, représentation semischématique, la partie supérieure enlevée : en sombre, la partie inférieure; 3, Paratype réduit au plateau triangulaire; 4 à 6, même exemplaire que figure 1 : vue supérieure, coupe optique médiane, vue inférieure; 7 et 8, vues latérales de deux autres spécimens; 9, autre paratype (1 à 8 : marnes; 9 : silex); 1 à 3, gross. 3800; 7 et 8, gross. 1640; 4 à 6 et 9, gross. 1400.

tionnels en font un microfossile particulièrement remarquable, d'une part au point de vue paléontologique, d'autre part relativement aux problèmes concernant les possibilités morphogénétiques du carbonate de calcium et, plus généralement, la morphogénie des éléments minéralisés intracellulaires.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Mutations expérimentales provoquées par l'action d'un champ magnétique sur l'œuf de* Drosophila melanogaster. Note (1) de MM. **Simon Chevais** et **Pierre Manigault**, présentée par M. Aimé Cotton.

De nombreux chercheurs ont essayé de voir si le champ magnétique pouvait agir sur la matière vivante. La plupart ont obtenu des résultats négatifs. Pourtant, certains ont fourni des indications intéressantes. N. Perakis (2) notamment a montré que le développement d'œufs d'Oursins (*Echinus melo* et *Strongylocentrotus lividus*) semblait un peu retardé par le champ; ce retard ne se constatait plus dans le champ uniforme d'un grand électroaimant : il est possible en effet que l'action retardatrice soit produite par une force mécanique exercée par le champ sur une particule diamagnétique ou paramagné-

(1) Séance du 1er juin 1942.

(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, pp. 1686-1688.

tique présente dans les organismes soumis à l'essai; cette action doit alors disparaître complètement dans un champ uniforme ([3]).

Dans un champ non uniforme au contraire, dont l'intensité varie de $\partial\mathcal{H}$ lorsqu'on se déplace en suivant un petit segment de longueur ∂x, une petite particule est soumise à une force proportionnelle au demi-gradient du carré du champ, c'est-à-dire au produit $\mathcal{H}(\partial\mathcal{H}/\partial x)$. Dans nos essais, nous nous sommes placés dans des conditions telles que ce gradient atteigne en certaines régions des valeurs de plusieurs millions d'unités C.G.S. Des aimants permanents convenablement choisis suffisent pour obtenir ces valeurs dans de petits volumes et la microbalance que l'un de nous, en collaboration avec M. Tsaï, a réalisée récemment ([4]) nous permet de connaître les valeurs de ce produit.

Nous avons dans ces conditions recherché si, malgré l'extrême petitesse des forces que l'on peut prévoir, on ne constaterait pas, en prolongeant la durée de leur intervention, quelque action sur des chromosomes au moment de la mitose. L'œuf de *Drosophila melanogaster* s'est montré un matériel favorable pour des essais préliminaires : en effet il est assez facile de l'immobiliser pendant longtemps au voisinage des pôles d'un aimant, en maintenant les conditions de milieu qu'exige son développement; en outre on peut localiser, grâce à sa forme, le pôle germinal où sont situées les cellules sur lesquelles il est important d'agir pour y provoquer des mutations germinales. La durée de l'exposition à l'action du champ magnétique était de l'ordre de 24 heures à une température de 25°. Il nous a été donné d'observer par la méthode classique de croisement par C*lb* (Müller) quelques mutations visibles portant en particulier sur les ailes et des mutations létales; toutes ces mutations étaient bien dues à l'action du champ magnétique, car aucune mutation n'apparaissait dans les cultures témoins.

Les champs magnétiques qui nous ont donné ces résultats étaient des champs constants, ne changeant pas avec le temps. Nous avons fait, avec des champs variant avec le temps, des essais pour lesquels nous n'avons pas observé de mutations et qui nous ont seulement fourni un contrôle supplémentaire. Ces résultats préliminaires seront complétés par une étude plus précise des conditions d'action du champ magnétique sur les œufs, sur les adultes et même si possible sur les chromosomes isolés.

PROTISTOLOGIE. — *Sur la structure des Hypermastigines du genre* Staurojœnina. Note de MM. **Pierre-P. Grassé** et **André Hollande**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'étude d'une nouvelle Hypermastigine du genre *Staurojœnina*, *St. caulleryi* n. sp., symbiote intestinal d'un Termite de Madère (*Neotermes præcox* Woll.),

([3]) S'il s'agit d'une particule *anisotrope* un couple s'exerce sur elle, même dans un champ uniforme.

([4]) Pierre Manigault et Belling Tsaï, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 658.

nous permet d'élucider la structure, encore mal comprise, de ce Flagellé extrêmement complexe et de préciser sa position systématique.

Staurojœnina caulleryi a la forme d'une amphore pansue, au col flanqué de quatre lobes cytoplasmiques saillants (I, II, III, IV), qui alternent avec quatre areas flagellaires étroites, comprises entre l'apex et le noyau. A cette symétrie externe tétraradiaire correspond une organisation interne qui rappelle, à certains égards, celle d'un Échinoderme à symétrie radiaire : autour de l'axe longitudinal, se répètent des parties semblables, ou antimères. Le noyau (*N*) reste indivis et occupe une position axiale, à la base du col de l'amphore.

Chaque antimère a pour origine un centrosome axial (*C*), en baguette renflée vers l'avant et acuminée vers l'arrière. Les quatre baguettes convergent vers le haut, arrivent au contact, ou presque, l'une de l'autre, à courte distance de l'apex. Vers l'arrière, elles s'écartent quelque peu, mais n'en délimitent pas moins un espace étroit, analogue au tube rostral d'une *Trichonympha*.

De chaque centrosome partent vers l'arrière : 1° une lame sous-flagellaire complexe (*Lf*); 2° une lame cténofilamentaire (*Lc*) et, vers l'avant, 3° deux filaments lobaires (*Fl*).

I. *La lame sous-flagellaire* (*Lf*), fortement arquée vers l'extérieur, se creuse en gouttière à concavité externe, et présente, en outre, une torsion dextre. Elle se compose de bandelettes étroites, imbriquées, comme les lames de bois de la coque d'un bateau, qui toutes convergent sur le centrosome. La plupart d'entre elles (une dizaine environ), vont directement vers l'arrière et se continuent chacune par un filament (*filament parabasal*) *Fp*, qui donne insertion à un corps parabasal *Pa*, conformé et structuré comme celui d'une *Trichonympha*.

Trois ou quatre autres bandelettes (*bandelettes de soutien Bs*), toujours sans parabasaux, suivent un trajet différent. Elles commencent, semble-t-il, par faire partie intégrante du plancher sous-flagellaire; puis, à des distances variables du centrosome, en sortent du côté interne, se coudent brusquement vers la droite de la lame, contre laquelle elles restent appliquées intimement, à la manière des cercles de tonneau entourant les douelles. Arrivées au bord droit du plancher, elles se courbent une deuxième fois à angle droit, se dirigent à nouveau vers l'arrière et se terminent par un filament, court et épais, qui pénètre dans le lobe cytoplasmique adjacent, où il se porte sous la face gauche.

C'est sur la face concave de la lame que se disposent, en séries régulières longitudinales, les blépharoplastes (*Gf*) d'où naissent les flagelles.

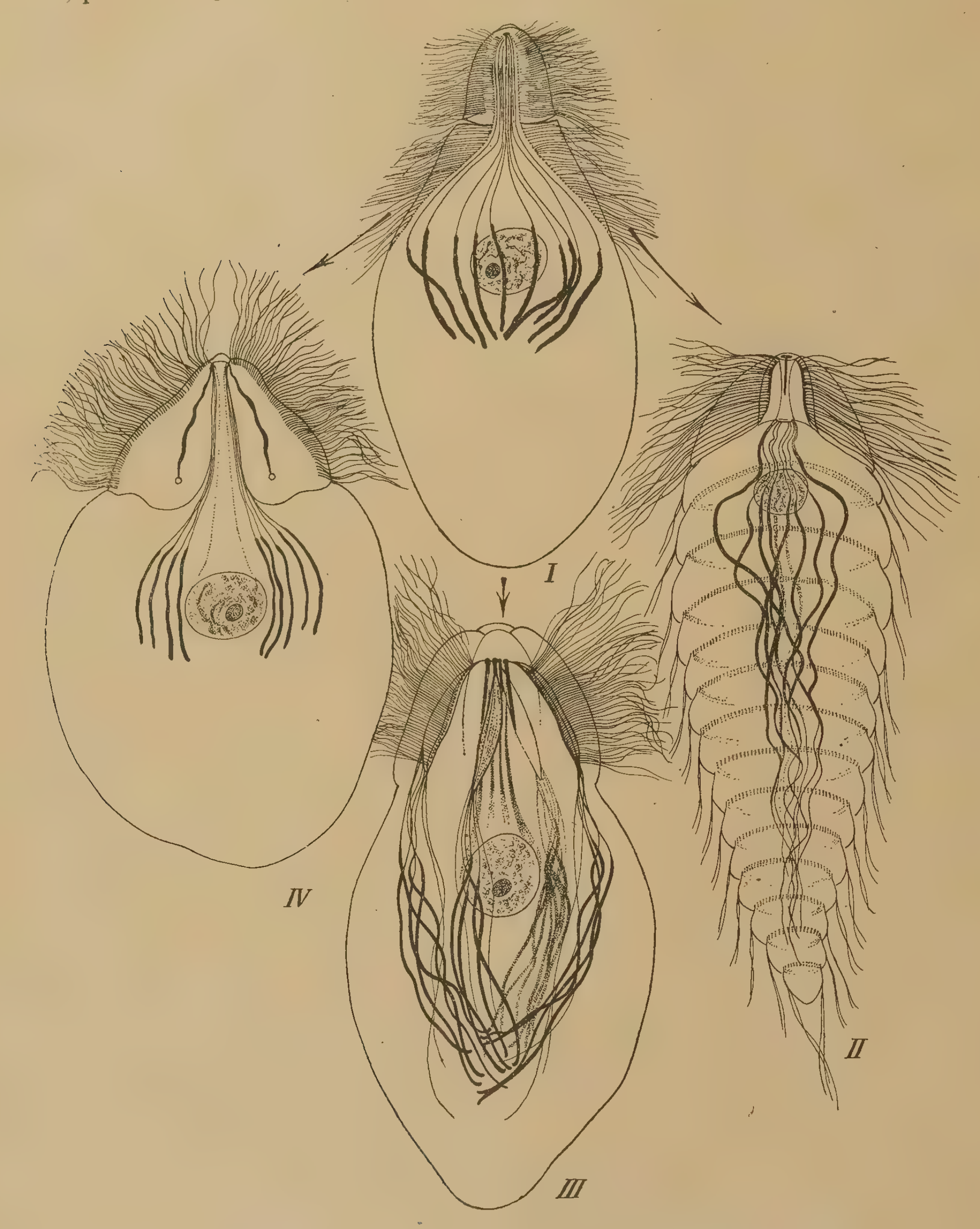
II. *La lame cténofilamentaire* (*Lc*) suit le bord gauche de la lame sous-flagellaire; elle est moins large que cette dernière. De loin en loin s'en détachent des bandelettes, qui pénètrent dans le lobe cytoplasmique adjacent, venant s'appliquer, en décrivant une courbe, sous la face droite de celui-ci. Chaque bandelette se continue par un filament (*Cf*, *cténofilament* de Kirby [1]), d'autant plus long que l'insertion de la bandelette sur la lame est plus postérieure. Les filaments des dernières bandelettes sortent des lobes, s'étendent loin vers l'arrière et sont les seuls à porter un parabasal (*Pa*).

III. De la tête de chaque centrosome s'élèvent, vers l'apex, deux fibres (Fl_1, Fl_2), qui rapidement se recourbent vers l'intérieur et pénètrent dans un même lobe cytoplasmique, longeant l'une la face gauche et surplombant les cténofilaments, l'autre la face droite et passant au-dessus des filaments prolongeant les bandelettes de soutien.

---

(1) *Univ. of California, Publ. in Zoology*, 29, 1926, pp. 25-102.

IV. Contre chaque baguette centrosomienne s'applique, du côté externe, un délicat ruban, parsemé de granules chromatiques. Deux de ces rubans sont courts et n'atteignent



1. *Trichonympha*; 2. *Teranympha*; 3. *Staurojœnina*; 4. *Barbulanympha.*

pas le noyau; les deux autres, beaucoup plus longs, se fixent à lui par leurs extrémités postérieures et lui forment un suspenseur (*Sn*). Filaments courts et longs alternent.

Les appareils parabasaux (*Pa*), qu'ils dépendent des cténofilaments ou des lamelles sous-flagellaires, sont identiques et distribués en quatre groupes correspondant aux antimères de la *Staurojœnina*.

CYTOLOGIE. — *La sporulation et la spore d'un Bacille géant*, Bacillus (Flexilis) lophospora *n. sp.* Note (¹) de Mlle **Madeleine Pierre**, présentée par M. Charles Pérez.

Les cytologistes admettent que l'accroissement de la taille favorise la complexité structurale de la cellule. Les grands Protozoaires (Flagellés, Ciliés, ...) acquièrent des organites qui manquent ou sont à peine ébauchés dans les petits. Il ne s'agit certes pas d'une règle absolue mais d'une coïncidence très fréquente. Il semble que certaines structures ne se réalisent qu'à l'intérieur d'éléments dont la taille ne descend pas au-dessous d'un certain minimum.

Il n'est pas sans intérêt d'établir que les organismes non construits sur le type cellulaire obéissent à cette règle : les Bactéries sont d'autant plus complexes qu'elles sont plus grandes. Dans la présente Note, nous en donnons un exemple qui nous paraît incontestable et qui a de plus l'avantage de montrer qu'une cytode peut élaborer des formations comparables en perfection à celles d'une cellule.

Dans le rectum de la Salamandre maculée (*Salamandra maculosa*) vit un grand Bacille (30 à 90^{μ} de long sur 2 à 3^{μ} de large), qui appartient à une espèce encore non décrite. Sa nage est rapide, il glisse en ligne droite, tout en oscillant sur lui-même, grâce à sa flexibilité. Nous le rangeons dans le groupe des *Flexilis* tel que l'ont défini Duboscq et Grassé (1927) (²) et le nommerons *Bacillus* (*Flexilis*) *lophospora* n. s.

Les individus asporulés se présentent sous deux aspects principaux : l'un homogène (*a*, *fig*. 1), à plasma contenant de minuscules vacuoles claires et non métachromatiques, alignées le long du grand axe, avec peu ou pas de granulations colorables; l'autre plus ou moins granuleux (*b*, *fig*. 1), à plasma riche en inclusions variées (grains à réaction nucléale positive, lipides, métachromatine, glycogène), à vacuoles axiales plus grandes. La division transversale porte presque toujours sur des individus du deuxième type.

Dans quelques exemplaires granuleux, nous avons vu s'ébaucher le ruban chromatique (filament axial de Delaporte) par alignement de grains chromatiques (*b*, *fig*. 1) [cf. Schaudinn (³) pour *Bacillus bütschlii*, Duboscq et Grassé pour *Flexilis dobelli*]. Il est fort probable que les granules qui composent le ruban chromatique sont les nucléosomes, comme l'a décrit Ch. Hollande (⁴) dans divers grands Bacilles. Le ruban, étant donné sa réaction nucléale positive, pourrait avoir la valeur d'un noyau.

(¹) Séance du 20 avril 1942.

(²) *Archives Zool. exp. et gén.*, 66, 1927, p. 451.

(³) *Arch. f. Protistenkunde*, 1, 1902, p. 306.

(⁴) *Ibid*, 73, 1934, p. 465.

La sporulation s'effectue indifféremment dans les individus de toutes dimensions (de 30 à 80$^{\mu}$). Les ébauches sporales, situées aux deux bouts du Bacille, sont tout d'abord deux granules chromatiques (*c*, *fig.* 1), autour desquels, par la suite, se dépose une substance avide de colorants basiques. Tout en grossissant, l'ébauche s'éloigne de l'extrémité (*d*, *fig.* 1); quand elle



Fig. 1. — *Bacillus* (*Flexilis*).

occupe toute la largeur du bâtonnet, son enveloppe se différencie en partant de son pôle interne pour atteindre son pôle externe (*f*, *fig.* 1). Au pôle interne de la spore s'observe un grain ou coussinet chromatique d'où partent de délicats filaments divergents qui s'enfoncent dans le plasma du Bacille. Ces filaments, au nombre d'une dizaine, sont orientés d'une façon définie, tous dans un même plan et plus ou moins écartés en éventail. Les filaments des deux spores d'un même individu sont contenus dans un même plan (*e*, *f*, *fig.* 1) disposition imposée, sans doute, par l'architecture interne du plasma bactérien. Les individus sporulés contiennent, très souvent, un ruban chromatique très net (*g*, *h*, *i*, *fig.* 1). Il n'est point rare qu'une des ébauches sporales avorte (*h*, *i*, *fig.* 1).

Les Bacilles subissent une dégénérescence vacuolaire et libèrent leurs spores, faciles à retrouver dans les frottis grâce à l'éventail fibrillaire qui surmonte un de leurs pôles (*j*, *k*, *l*, *fig.* 1).

Il se peut qu'une délicate membrane unisse les filaments, car l'espace interfilamentaire se colore par l'éosine (*j*, *fig.* 1). L'observation de quelques spores

nous laisse supposer que le pôle opposé à l'éventail forme un opercule comparable à celui d'un œuf de Douve. Ce dispositif, qui à notre connaissance n'a pas été décrit jusqu'ici, existe en toute certitude dans les spores de l'*Oscillospira guilliermondi* (parasite intestinal du Cobaye).

Ces structures sporales indiquent donc que des organites relativement complexes peuvent être édifiés par des éléments du type cytodaire, sans noyau, ni plastes, ni mitochondries différenciés, à condition que ces éléments atteignent une taille suffisamment grande.

IMMUNOLOGIE. — *Immunisation du Cheval au moyen du virus de la vaccine privé de virulence par l'action du formol et de la chaleur* (anavirus). *Propriétés antiinfectieuses du sérum.* Note [1] de MM. **Gaston Ramon**, **Paul Boquet** et **Rémy Richou**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Dès que nous eûmes fait connaître ici même, en 1923 [2], le principe et la technique de préparation des *anatoxines*, de multiples essais furent entrepris de différents côtés pour appliquer ce principe et cette technique aux antigènes les plus variés et spécialement aux ultravirus (agents de maladies telles que la fièvre aphteuse, la clavelée, la peste bovine, la rage, le typhus exanthématique de l'homme, la vaccine etc.), dans le but de transformer ces derniers en virus-vaccins avirulents, en *anavirus*, comme on peut les dénommer par analogie avec les termes anatoxine, anavenin, anaculture et pour la commodité du langage. C'est ainsi, par exemple, que Bussel et Mayzner procédèrent à une série d'expériences afin d'établir « si le vaccin (antivariolique) obtenu par la méthode de Ramon conserve ses propriétés antigéniques. Ce vaccin était préparé comme l'anatoxine diphtérique... » [3].

Étant donnée la grande importance doctrinale et pratique de ces questions, principalement en ce qui concerne les ultravirus, nous en avons repris, ces derniers temps, l'étude en nous adressant, en premier lieu au virus de Jenner. Des nombreuses recherches déjà effectuées, nous extrairons et examinerons ici celles qui ont trait à l'immunisation du Cheval au moyen du virus de la vaccine traité par le formol et la chaleur et à la production à l'aide de cet anavirus, convenablement préparé, d'anticorps *virulicides* ou pour mieux dire, antivirulents.

Des expériences préliminaires nous avaient permis de fixer les conditions optima de l'action du formol et de la température sur le virus de la vaccine.

---

(1) Séance du 11 mai 1942.
(2) G. Ramon, *Comptes rendus*, 177, 1923, p, 1338.
(3) Bussel et Mayzner, *C. R. Soc. Biol.*, 103, 1930, p. 411.

Celui-ci est représenté dans nos essais par de la pulpe vaccinale de génisse, très active [1].

Technique. — La pulpe vaccinale est mise en suspension dans un mélange de solution phosphatée (pH 7,4) et de 20 % de bouillon de viande peptoné, à raison de 4^{cm^3} de pulpe pour 100^{cm^3} de mélange préalablement stérilisé. La suspension vaccinale ainsi préparée est additionnée de 0,075 % de formol, exposée durant 5 heures à 30°, puis gardée à la température de 15° pendant 8 à 10 jours et enfin conservée à la chambre froide (+ 3°). Avant son emploi, on s'assure par des épreuves chez le Lapin (scarifications légères de la peau rasée) que la suspension vaccinale ainsi traitée est bien *avirulente*, et transformée en anavirus, autrement dit qu'elle est incapable de produire une seule pustule alors que la suspension non soumise à l'action du formol et de la chaleur; provoque une éruption de très nombreuses pustules confluentes.

Un Cheval, n° 23, reçoit en une série d'injections sous-cutanées et intradermiques, le 14 février une dose d'anavirus correspondant à 3^{cm^3} de pulpe vaccinale en suspension dans 75^{cm^3} de mélange de solution de phosphate et de bouillon et additionnée avant l'injection de 2 % de $CaCl^2$ (substance stimulante de l'immunité); le 3 mars, une seconde dose d'anavirus, correspondant à $5^{cm^3},4$ de pulpe vaccinale, additionné de tapioca (2 %) pour moitié du volume à injecter (185^{cm^3}) et d'alun (2 %) pour l'autre moitié; le 17 mars une dernière dose d'anavirus (6 % de pulpe) dans les mêmes conditions. A aucun moment, le Cheval n'a présenté de traces d'infection spécifique. On a seulement noté aux endroits d'injection, les réactions habituellement produites par les substances stimulantes de l'immunité.

A différentes reprises, des saignées d'épreuve ont été pratiquées chez l'animal afin de rechercher et d'évaluer les propriétés antivirulentes des sérums ainsi recueillis. Cette recherche et cette évaluation ont été effectuées selon la technique courante qui consiste d'abord à préparer des mélanges renfermant des dilutions variables 1/20, 1/40, 1/80, etc., de sérum et une quantité fixe de virus capable de donner en scarifications une éruption confluente sur une surface déterminée de la peau du Lapin, puis à éprouver les mélanges ainsi formés sur cet animal. Ces épreuves ont fourni les résultats suivants.

Dilution de sérum.	Sérum du									
	14/2.	17/2.	19/2.	23/2.	27/2.	2/3.	9/3.	11/3.	13/3.	25/3.
Pur.......	*nb*	*nb*								
1/20.......	*nb*	*nb*	7*	3*	0	–	–	–	–	–
1/80.......	–	–	25	11	0	–	–	–	–	–
1/320......	–	–	–	–	10	12	2	1	3	–
1/640......	–	–	–	–	16	17	15	12	14	16

(*) Les chiffres indiquent le nombre des pustules; *nb* signifie très nombreuses pustules donnant une éruption confluente.

Dans d'autres expériences effectuées chez le Lapin, nous avons pu reconnaître que le sérum de ce Cheval possède des propriétés préventives très nettes à l'égard de l'inoculation d'une certaine dose de virus de la vaccine.

Parmi les faits les plus saillants que notre expérimentation a permis de

---

[1] Mise obligeamment à notre disposition par M. Bénard.

mettre en évidence, il faut signaler : 1° la possibilité de provoquer, chez le Cheval, l'élaboration d'anticorps antivirulents au moyen du virus de la vaccine transformée en anavirus avirulent, puis additionné avant son injection de substance stimulante de l'immunité ; 2° l'apparition très précoce des propriétés antiinfectieuses : le sérum recueilli dès le 5e jour après la première injection d'anavirus « neutralise » déjà une quantité notable de virus ; 3° le prompt développement de ces propriétés ; en effet, un mois après le début de l'immunisation, le sérum de l'animal sous le volume très faible de 1/320e de centimètre cube neutralise la dose de virus d'épreuve, ce pouvoir antivirulent est au moins égal sinon supérieur à celui de sérums obtenus en utilisant le virus de la vaccine non modifié et pleinement virulent.

Ainsi, de même que l'anatoxine, atoxique et antigénique, issue de la transformation par le formol d'un poison bactérien, détermine dans l'organisme du sujet auquel on l'injecte la formation d'anticorps antitoxiques doués du pouvoir de neutraliser, dans le verre à expérience, la toxine spécifique et de prévenir l'intoxication chez l'animal, de même l'anavirus, avirulent et immunisant, obtenu lui aussi grâce à l'action du formol sur le virus de Jenner provoque, chez le Cheval, l'apparition et le développement rapide et abondant d'anticorps antivirulents capables d'annihiler *in vitro* et *in vivo*, les propriétés virulentes du virus de la vaccine.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Géométrie, par l'organe de M. É. Borel, remplaçant le Doyen empêché, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *H. Lebesgue* :

En première ligne .... M. Arnaud Denjoy.

En seconde ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*.......... MM. Maurice Fréchet, René Garnier, Georges Valiron.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 17h5m.

L. B.

ERRATA.

—

(Séance du 8 avril 1942.)

Note de M. *Louis Lapicque*, Sur la relation de la grandeur du cerveau à la grandeur du corps :

Page 697, 4e ligne, *au lieu de* Dubois (1937), *lire* Dubois (1897).

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de mai 1942.

Les forêts coloniales de la France, par Louis Lavauden. Extrait de la *Revue de botanique appliquée,* tome XXI. Paris, Muséum national d'Histoire Naturelle. Laboratoire d'Agronomie coloniale, 1942; 1 vol. 25^{cm} (présenté par M. A. Chevalier).

Ce qu'il faut savoir des Insectes, par Gaston Portevin. Volume III. *Orthoptères, Hyménoptères, Diptères et Insectes inférieurs.* Paris, Paul Lechevalier, 1942; 1 vol. $18^{cm},5$.

Le métier de géologue. Domaines et applications, avec des indications bibliographiques, par Charles Jacob. Paris, Masson et Cie, 1942; 1 vol. 24^{cm}.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie d'Agriculture de France, rédigés par le Secrétaire perpétuel. Tome XXVIII. Séance du 4 mars 1942, Communication de M. Jacob. Paris, Académie d'Agriculture de France, 1942; 1 fasc. 23^{cm} (présenté par M. Ch. Jacob).

Académie des sciences coloniales. *Comptes rendus des séances des 7 et 21 novembre* 1941. Paris, Académie des sciences coloniales, 1941; 1 fasc. $25^{cm},5$, discours de M. Jacob (présenté par M. Ch. Jacob).

Annales de l'École nationale des Eaux et Forêts et de la Station de recherches et expériences forestières. Tome VII. Fascicule 2, 1940. Nancy, Paris, Strasbourg, Berger-Levrault, 1940; 1 vol. $25^{cm},5$.

Annales de l'École nationale forestière et de la Station de recherches et expériences. Tome VIII. Fascicule 1, 1941. Nancy, Paris, Strasbourg, Berger-Levrault, 1941; 1 vol. $25^{cm}, 5$.